



FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CUSTEIO DE UM PROCESSO DE FABRICO DE MACHOS

BRUNO FERNANDO REIS RIBEIRO SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA

À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

PORTO, 2018 JUNHO 25

ORIENTADOR:

PROFESSOR DOUTOR CARLOS A. SILVA RIBEIRO

CANDIDATO	Bruno Fernando Reis Ribeiro Silva		Código 201204998
TÍTULO	Custeio de um Processo de Fabrico de Machos		
DATA	10 de julho de 2018		
LOCAL	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Sala F106 – DEMM – FEUP - 11:15h		
JÚRI	Presidente	Professora Doutora Laura Maria Melo Ribeiro	DEMM/FEUP
	Arguente	Professor Doutor José Joaquim Carneiro Barbosa	DEM/Uminho
	Orientador	Professor Doutor Carlos Alberto Silva Ribeiro	DEMM/FEUP

“We generate fears while we sit.

We overcome them by action.

Fear is nature’s way of warning us to get busy.”

Dr. Henry Link

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de exprimir o meu enorme agradecimento ao Prof. Doutor Silva Ribeiro por todos os ensinamentos, apoio, conselhos e incentivos.

À empresa, onde pude elaborar a minha dissertação, pela oportunidade e a todos os colaboradores que se mostraram sempre disponíveis para me ensinarem, apoiarem e orientarem durante todo o trabalho.

À minha namorada, Tânia Neto, por todo o apoio, ajuda, paciência e conselhos durante estes meses.

À minha irmã e aos meus pais por toda ajuda e sacrifícios que realizaram até hoje, para que pudesse atingir o meu sonho de ser engenheiro.

Resumo

Foi proposto neste trabalho o desenvolvimento de uma ferramenta de orçamentação para um processo de fabrico de machos.

Para o desenvolvimento da ferramenta de orçamentação foi necessário proceder à observação dos ciclos de fabrico de machos em 3 processos: sílicato de sódio/CO₂; autossecativa e shell. Foram recolhidas informações de custos diretos e indiretos, analisados ciclos de produção de 7 machos e, por fim procedeu-se ao desenvolvimento de fórmulas de custeio em Excel, adaptado à realidade da empresa em causa. Desenvolveu-se igualmente uma ferramenta de comparação de custos entre processos com uma tabela de auxílio na decisão do processo a escolher, bem como, uma folha de controlo de custo em produção de forma a estimar o valor real do custo do macho.

Concluiu-se o trabalho com a apresentação da orçamentação de 17 machos e o custo real dos que apresentaram refugo e tempos de produção superior aos esperados.

Esta dissertação foi dividida nos seguintes capítulos: no primeiro, é realizada uma introdução ao tema e à necessidade do presente trabalho; no segundo capítulo é realizada uma revisão bibliográfica sucinta ao tema presente no documento; no capítulo terceiro, encontra-se a abordagem à parte experimental onde se detalha a metodologia de abordagem ao problema. No quarto capítulo, encontra-se a discussão de resultados, onde se aplicou a ferramenta de custeio aos machos em produção; no capítulo quinto, são elaboradas as principais conclusões retiradas deste trabalho; no sexto capítulo, descreve-se o trabalho futuro que se pode seguir com esta dissertação; No capítulo sete, encontram-se os anexos referentes à ferramenta desenvolvida; no capítulo oito é possível consultar a programação em Visual Basic existente na ferramenta de orçamentação.

Abstract

In the present work, it was proposed the development of a budgeting tool for a core making process.

To the development of the budgeting tool, it was necessary to proceed to the observation of production Dynamics of the core making in 3 different processes: Sodium Silicate/CO₂; Self-Setting and Shell. Information about direct and indirect costs was collected, productivity cycles of 7 cores were observed and, at last, the development of costing formulas in an Excel was made, adapted to the reality of the company. In addition, it was developed a tool to compare costs between process with an auxiliary table that aids in the decision of which process to choose, as well as, a cost control in production sheet so the real core cost could be extracted.

The work was concluded with the presentation of the cost of 17 cores and the real cost of the ones that had scrap and production times above the expected.

This dissertation was divided into the following chapters: on the first an introduction to the theme and the necessity of the present work is written; In the second chapter a succinct bibliographic revision about the theme is written; In the third chapter, is the approach to the experimental part that details the methodology of approach to the problem and results discussion; In the fourth chapter, we can find the results discussion, where the costing system was applied to the cores in production; on the fifth chapter the main conclusions drawn from this work are elaborated; in the chapter six, the future work that can be followed with this dissertation is described; In chapter seven, there are the annexes referring to the tool developed; In the eight chapter, it is possible to consult the programming in Visual Basic existing in the budgeting tool.

Índice

Índice de Figuras	x
Índice Tabelas	xii
Índice de Equações	xiii
Lista de abreviaturas	xiii
1. Introdução	1
1.1 Objetivo	1
1.2 Motivação	1
1.3 Descrição da empresa	1
2. Revisão Bibliográfica	2
2.1 Caraterização do macho	2
2.2 Caraterização dos processos de fabrico	2
2.2.1 Shell	3
2.2.2 Sílicato de Sódio/CO ₂	3
2.2.3 Areia autosssecativa	4
2.2.3.1 Fenólico - Alcalino, endurecido por éster	5
2.2.4 Pintura	5
2.2.5 Efeito do tamanho de grão de areia	7
2.3 Noções de Custo.....	7
2.3.1 Custos	7
2.3.2 Custos industrial e complexo	7
2.3.3 Afetação dos custos	9
2.3.4 Custeio por Absorção	9
3. Trabalho experimental	11
3.1 Problema de Investigação	11
3.2 Metodologia de trabalho	12
3.3 Estudo dos processos de fabrico de machos	12

3.4	Análise crítica dos processos de fabrico	13
3.4.1	Produção semiautomática em disparadoras no processo de sílicato de sódio	14
3.4.2	Produção em sílicato de sódio num posto manual	19
3.4.3	Produção semiautomática pelo processo shell	21
3.4.4	Produção manual no processo de areia autossecativa	22
3.5	Recolha de dados de custos e elaboração das fórmulas de custeio ..	24
3.5.1	Matéria Prima	25
3.5.1.1	Resinas, areia e endurecedores.....	25
3.5.1.2	Pintura.....	28
3.5.1.3	Gás Natural	30
3.5.1.4	Caixas de Macho.....	30
3.5.2	Mão de Obra Direta.....	32
3.5.3	Custos Indiretos.....	35
3.5.3.1	Armazenamento	35
3.5.3.2	Supervisão.....	36
3.5.3.3	Transporte, energia e manutenções	37
3.5.4	Custo por minuto	38
3.6	Desenvolvimento de uma ferramenta de orçamentação	48
4.	Aplicação em Machos em Produção.....	54
5.	Conclusões.....	58
6.	Trabalho Futuro	59
7.	Bibliografia	60
8.	Anexo.....	61
8.1.1	Anexo 1	61
8.1.2	Anexo 2 - Comparação Qualitativa de Processos.....	62
8.1.3	Anexo 3 - Encastráveis / <i>Incast</i>	63

8.1.4	Anexo 4 - Versão 1	64
8.1.5	Anexo 5 - Versão 2	65
8.1.6	Anexo 6 - Versão 3	66
8.1.7	Anexo 7 - Orçamentação Versão Final.....	67
8.1.8	Anexo 8 - Comparação de Custo de Processo e Tabela de Decisão	69
8.1.9	Anexo 9 - Controlo de Custos	70
8.1.10	Anexo 10 - Caixas de Macho	71
8.1.11	Anexo 11 - Compras	72
8.1.12	Anexo 12 - MOD + <i>Overhead</i>	73
8.1.13	Anexo 13 - Custos Indiretos.....	74
8.2	Anexo 14 - Programação de Registo de Orçamento	75

Índice de Figuras

Figura 1 - Bases de afetação de custos, adaptado de Gil da Costa [7].....	9
Figura 2 - Representação esquemática da atribuição dos custos ao objeto de custo num sistema de custeio por absorção, adaptado de Gil da Costa [7] ...	11
Figura 3 - Esquema de custos envolvidos na produção de machos na Disparadora_Ecolotec_1	15
Figura 4 - Esquema de custos envolvidos na produção de machos na Disparadora_Ecolotec_2	18
Figura 5 - Esquema de custos envolvidos na produção de machos nos postos de silicato de sódio/CO ₂ Manual.....	20
Figura 6 - Esquema de custos envolvidos na produção de machos nos postos de shell.....	22
Figura 7 - Esquema de custos envolvidos na produção de machos nos postos de areia autossecativa	24
Figura 8 - Análise dos pesos de tinta presentes em machos de complexidade 1 da mesma referência.....	28
Figura 9 - Análise dos pesos de tinta presentes em machos de complexidade 2 da mesma referência.....	28

Figura 10 - Análise dos pesos de tinta presentes em machos de complexidade 3 da mesma referência	29
Figura 11 - Macho de complexidade 1 (esquerda), nível 2 (centro) e nível 3 (direita)	29
Figura 12 - Tempos de remoção de machos (esquerda) e tempo de setup + enchimento (direita) da referência A.....	40
Figura 13 - Tempos de uso de gás natural (esquerda) e tempo total de ciclo (direita) da referência A.....	41
Figura 14 - Tempos de setup (esquerda) e enchimento de areia + gás natural (direita) da referência B.....	41
Figura 15 - Tempos de remoção de machos (esquerda) e tempo total de ciclo (direita) da referência B.....	41
Figura 16 - Tempos de enchimento de areia (esquerda) e gás CO ₂ (direita) da referência C	43
Figura 17 - Tempos de remoção de machos (esquerda) e tempo total de ciclo (direita) da referência C.....	43
Figura 18 - Tempos de setup (esquerda) e tempo de gás (direita) da referência D.....	44
Figura 19 - Tempos de remoção (esquerda) e tempo total de ciclo (direita) da referência D	44
Figura 20 - Tempos de ciclo de máquina (esquerda) e tempo total de ciclo (direita) da referência E.....	45
Figura 21 - Tempos de ciclo de máquina (esquerda) e tempo total de ciclo (direita) da referência F	46
Figura 22 - Tempos de ciclo de máquina (esquerda) e tempo total de ciclo (direita) da referência G.....	47
Figura 23 - Tabela final de orçamentação e gráfico de custos.....	52

Índice Tabelas

Tabela 1 - Divisão de custos da Disparadora_Ecolotec_1	16
Tabela 2 - Divisão de custos da Disparadora_Ecolotec_2	18
Tabela 3 - Divisão de custos dos postos de silicato de sódio/CO ₂	21
Tabela 4 - Divisão de custos dos postos que recorrem ao processo shell.....	22
Tabela 5 - Divisão de custos dos postos de fabrico de machos por areia autossecativa	24
Tabela 6 - Quantidades dos componentes utilizados em cada processo	25
Tabela 7 - Valores de compras das diferentes matérias primas	26
Tabela 8 - Custos padrão fixos de caixa de machos *.....	31
Tabela 9 - Custos padrão fixos de projetos de caixa de macho para disparadoras*	31
Tabela 10 - Custos de mão de obra dos diferentes postos*	34
Tabela 11 - Afetação dos custos de armazenamento*	35
Tabela 12 - Total de custos de armazenamento dos diferentes processos* ...	36
Tabela 13 - Custos de supervisão e respetiva alocação pelos diferentes postos*	37
Tabela 14 - Custos de transporte e respetiva alocação pelos diferentes postos*	37
Tabela 15 - Custos de energia elétrica e respetiva alocação pelos diferentes postos.....	38
Tabela 16 - Custos de manutenção e respetiva alocação pelos diferentes postos	38
Tabela 17 - Orçamentação de machos em produção*	56

Índice de Equações

Equação 1 - Custo por macho de resina Solosil	25
Equação 2 - Custo por macho de resina Ecolotec	25
Equação 3 - Custo por macho de resina Alfacure	25
Equação 4 - Custo por macho de endurecedor Alfaset	25
Equação 5 - Custo por macho de areia sílica no processo de silicato de sódio/CO ₂	25
Equação 6 - Custo por macho de areia sílica nas disparadoras.....	26
Equação 7 - Custo por macho de areia sílica no processo de areia autossecativa	26
Equação 8 - Custo por macho de areia crómite no processo de areia autossecativa	26
Equação 9 - Custo de setup inicial atribuído a cada macho	32
Equação 10 - Custo de setup por macho.....	33
Equação 11 - Custo de ciclo de produção por macho.....	33
Equação 12 - Custo de remoção de macho.....	33
Equação 13 - Custo de armazenamento	35
Equação 14 - Conversão de custo anual em custo por dia	39
Equação 15 - Conversão de custo dia em custo por hora	39
Equação 16 - Conversão de custo hora em custo por minuto.....	39
Equação 17 - Equação de escolha de processo	53

Lista de abreviaturas

MOD - Mão de Obra Direta

MP - Matéria Prima

CC - Centro de Custos

1. Introdução

1.1 Objetivo

O objetivo desta dissertação foi distribuído por duas fases: a primeira passou por identificar com a maior precisão possível os custos diretos envolvidos na produção de um macho e a distribuição dos indiretos pelos mesmos; a segunda fase passou por desenvolver uma ferramenta de cálculo em Excel dos custos de fabrico dos machos.

1.2 Motivação

Na atual conjuntura económica mundial e com a existência de uma intensa concorrência torna-se de extrema importância que, na altura da apresentação de orçamentos a clientes, estes sejam mais atrativos do que as restantes propostas já recebidas. Simultaneamente, é imperativo a empresa conhecer qual o seu preço mínimo de venda, de forma a evitar prejuízos.

A orçamentação representa um custo para a empresa que a realiza, uma vez que, por vezes, o trabalho não gera a aceitação da proposta, levando a perdas de rentabilidade. É, portanto, necessário para uma empresa que pretende crescer e aumentar a rentabilidade, melhorar a sua capacidade de orçamentação. Tal só é realizado com o conhecimento aprofundado dos processos e os custos que foram imputados à peça produzida. Todavia, tal tarefa é de difícil execução e implementação.

A juntar a isto, o aumento crescente de encomendas e a falta de mão de obra tornam imperativo a automatização dos processos, assim como a capacidade de aferir de forma precisa os custos de produção. Surge então a necessidade de saber em que processo compensa mais produzir determinada encomenda e se, investimentos em máquinas irão trazer reduções no custo das peças produzidas.

Um sistema de custeio sistematizado e automatizado permite, deste modo, que a empresa seja capaz de se munir de informação analítica que servirá de apoio para a orçamentação, assim como ajudará na tomada de decisões por parte da gestão, levando à melhoria contínua dos processos e da empresa em geral.

1.3 Descrição da empresa

A empresa onde se desenvolveu esta dissertação possui 3 unidades industriais em Portugal continental, empregando mais de 200 colaboradores e 20 engenheiros. Dentro de portas, possui todas as etapas necessárias ao desenvolvimento de uma peça fundida de alta qualidade, produzindo mais de 10.000 toneladas por ano, sendo

a grande maioria para exportação. As peças produzidas vão desde séries únicas a grandes séries.

Esta dissertação focou-se nas macharias presentes em duas das unidades industriais onde se observou a produção de machos. Os processos de fabrico de machos presentes nas fábricas são:

- Areia autossecativa;
- Sílicato de Sódio;
- Shell.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Caraterização do macho

Macho é um corpo refratário que consiste numa mistura de areia de macho com ligantes e aditivos que permite adquirir resistência mecânica suficiente por forma a replicar as cavidades internas das peças fundidas e criar caraterísticas (furos, reentrâncias, chanfros, etc.) na peça fundida final [1,2].

Os machos servem, assim, como obstrução à passagem do metal vazado, impedindo que este flua para as cavidades e solidifique. Deste modo, consegue-se criar as zonas ocas da peça, caraterísticas de corte e chanfros [1,2].

2.2 Caraterização dos processos de fabrico

Os processos de fabrico de machos podem ser divididos em três categorias mais gerais:

- Autossecativa - O endurecimento do macho é feito à temperatura ambiente. O processo inicia-se quando a resina e um catalisador são adicionados à mistura.
- Endurecidos a Gás - O endurecimento ocorre ao injetar um gás, ou catalisador, em forma gasosa.
- Caixa quente - O endurecimento dá-se ao aquecer a mistura de areia e resina.

A escolha do método de fabrico a ser utilizado irá depender de:

- Qualidade superficial pretendida;
- Tipo de ligante utilizado;
- Número de machos a produzir;
- Tamanho e espessura (mínima e máxima) de machos produzidos;
- Ciclo de produção;

- Custo de produção.

A fim de proceder com os processos de fabrico de machos, existem dois conceitos importantes:

- Vida em bancada - Tempo depois de misturar a areia com os componentes na qual a mistura possui resistência à compressão inferior a 10 kPa [1]. Nestas condições, possui fluidez suficiente e pode facilmente preencher todos os detalhes da caixa de machos;
- Tempo de desmoldação - Altura a partir do qual o macho adquire a resistência mecânica necessária, normalmente 350 kPa, para remover o macho da caixa de macho sem provocar distorções ou danificar [1].

2.2.1 Shell

O processo de Shell caracteriza-se por o endurecimento só ocorrer acima de uma dada temperatura [1,3].

O processo é constituído à base de resina furânica, fenólica ou uma mistura destas podendo ainda ser adicionado um catalisador. A produtividade destes processos está dependente do tempo de polimerização da reação da resina com o catalisador [3].

Nos processos de Shell a cura deve ser realizada entre os 220-245°C. Durando cerca de 30 segundos, de forma a se obter a resistência mecânica máxima no macho [3]. O processo desenrola-se da seguinte forma [1,3]:

Catalisador (conservante e endurecedor) + resina líquida + calor = resina sólida + água + calor

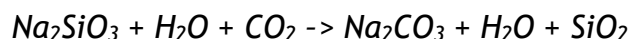
É imperativo que, este processo seja realizado adicionando primeiramente o conservante e endurecedor à areia e só depois a resina. Esta sequência tem de ser respeitada, pois se a resina fosse colocada em primeiro lugar, ao adicionar o catalisador, existiria uma reação na zona de primeiro contacto. Debilitando, deste modo, a resistência da areia como um todo e levando a um macho não conforme [3].

2.2.2 Sílicato de Sódio/CO₂

No processo de Sílicato de sódio/CO₂, existe a mistura da areia de sílica com cerca de 4% de Sílicato de sódio. Adicionando-se, seguidamente, os aditivos necessários como, por exemplo, pó de carvão [2].

O endurecimento dá-se pela passagem de um gás (CO₂), à temperatura ambiente, que seca o sílicato de sódio e promove a formação de um gel de sílica.

Este gel atua como um ligante forte dos grãos de areia. A reação procede-se rapidamente nos estágios iniciais, sendo que o máximo de resistência à compressão é alcançado quando a mistura de areia atinge o valor crítico de gás [8]. De forma muito simplista, esta transformação dá-se de acordo com a reação seguinte [2]:



Como se pode observar, o produto gasoso emitido é vapor de água, não existindo uma preocupação ambiental com o processo de endurecimento dos machos [2]. Não existe também a necessidade de um cozimento do macho, reduzindo os custos elétricos e impactos ambientais [2].

O módulo do sílicato de sódio, que estabelece a relação $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$, terá de estar compreendido entre 2 e 4, de modo a que se encontre na sua forma *de vidro líquido* e seja capaz de promover uma boa união dos grãos de areia. Abaixo de 2 apresenta um Sílicato em fórmula cristalina; quando se encontra acima de 4, todo o Sílicato está presente numa solução coloidal, levando a uma perda de viscosidade [2].

Uma grande limitação neste processo consiste no armazenamento. O CO_2 seca o sílicato de sódio, o que promove a adesão. No entanto, quando os machos são armazenados num ambiente onde a temperatura e a humidade não são controladas, estes podem absorver a humidade levando a uma fragilização, possível quebra ou mau desempenho do macho [2]. Estas limitações poderão levar a uma maior taxa de refugo na macharia, maior custo de maquinaria e problemas nos fundidos. Se os machos forem armazenados em condições não controladas é aconselhável estes não serem armazenados com mais de 24h de antecedência à sua utilização.

A nível de considerações com a caixa de macho, é recomendado esta ser revestida com tinta celulósica. Vernizes normais amolecem em contacto com o Sílicato de sódio e causando sérios problemas de aderência [4].

No que toca a areias, este processo é mais abrangente no tipo de areia utilizada. É de recomendar um uso de areia fina, independentemente de ser de sílica, zircónia ou crómite, uma vez que melhora as propriedades superficiais e diminui o tempo necessário para atingir a resistência máxima [2].

2.2.3 Areia autossecativa

Nos processos caracterizados por uma resina auto-endurecível, existem múltiplos componentes: areia, químico endurecedor e ligante, que são misturados. O

endurecedor e o ligante começam a reagir imediatamente, porém a reação é lenta o suficiente para permitir que a areia tome a forma desejada [1].

Modificando o sistema de mistura, alterando a quantidade do endurecedor, pode-se ter rácios de tempo de remoção/tempo de vida em bancada maiores, o que é vantajoso em sistemas de *fast-setting* [1].

O tempo de remoção depende de outras variáveis, como, por exemplo, a complexidade do macho e a qualidade da caixa de macho. Não é necessário aguardar que o macho atinja 100% da sua resistência mecânica para vaziar o metal, normalmente, é feito quando tem apenas 80% [1].

2.2.3.1 Fenólico - Alcalino, endurecido por éster

Este é o processo de areia autosssecativa com recurso a um ligante fenólico-alcalino, que possui uma baixa viscosidade e é altamente alcalino. O endurecedor consiste num líquido orgânico de éster [1].

Areias como sílica, Zircónia, olivina e cromite podem ser utilizadas neste caso. Sendo que as maiores resistências são atingidas com sílica [1]. É necessário ter em atenção a temperatura a que a areia se encontra, que irá afetar o tempo de endurecimento. Contudo, existem endurecedores para diferentes temperaturas ambientes [1].

A quantidade de resina a ser utilizada é entre 1-2 % e o endurecedor deve ser adicionado na ordem dos 18-25%, sob a fração de resina, dependendo da qualidade de areia. Quanto pior a qualidade da areia, mais resina deverá ser usada, assim como mais endurecedor, tornando maior o custo de matérias primas [1].

Caixas de macho de madeira, plástico, metal ou resina podem ser utilizadas e proporcionam uma fácil remoção do macho [1].

O fundido final terá boas características superficiais e o abate dos machos é bom. Porém, a resistência do macho é baixa, por isso é utilizado para machos com secções espessas em que não é necessária uma alta resistência para manusear o mesmo [1].

2.2.4 Pintura

No contacto do metal com a areia, na altura do vazamento, pode existir um efeito físico ou uma reação química na interface areia/metal que pode levar a defeitos no fundido final. A aplicação de uma pintura, de forma a revestir o macho, tem por finalidade atingir uma boa qualidade de acabamento superficial. Esta

qualidade é atingida graças a refractariedade conferida ao macho pelo revestimento e a sua impermeabilização ao metal líquido. Alguns dos materiais utilizados são sílica, Zircónia, bauxite e grafite [1].

Um efeito físico que pode surgir é a penetração do metal nos poros do macho, que existem devido ao tamanho dos grãos da areia e à sua compactabilidade. O grau de penetração está dependente de [1]:

- Pressão metalóstática - Penetração é mais severa nas partes inferiores do fundido e aquando do uso de metais de alta densidade como o ferro e aço;
- Pressão dinâmica - Penetração é mais severa quando o fluxo de metal vazado impacta com o macho;
- Distribuição da areia do macho - Utilizando uma distribuição pouco alargada de grãos de areia obtém-se machos com menor compactabilidade;
- Expansão de areia - A expansão de areia pode levar a uma tensão nas ligações criadas entre os grãos de areia, levando a fissuras no macho durante o vazamento e provoca defeitos no fundido;

Um efeito químico pode surgir a partir da [1]:

- Queima - Reação química que resulta na interface areia/metal e ocorre quando:
 - Areia apresenta impurezas;
 - Alguns ligantes possuem baixa refractariedade;
 - Alguns metais vazados.
- Defeitos carboníferos - A formação de um carbono lustroso na superfície, devido ao uso de componentes orgânicos, pode levar a defeitos no fundido.

Um revestimento eficaz deve possuir as seguintes características [1]:

- Boas propriedades refratárias que resistam ao metal vazado;
- Boa adesão ao substrato;
- Não ter tendência à formação de bolhas, rachadelas ou formação de escamas durante a secagem;
- Boa estabilidade no armazenamento;
- Boa capacidade de cobrir toda a superfície;
- Não reagir com a liga metálica durante o vazamento.

2.2.5 Efeito do tamanho de grão de areia

De todas as características dos grãos de areia, a distribuição e a forma são os mais importantes, uma vez que influenciam a superfície específica do grão e o consumo de ligante necessário ao desenvolvimento da resistência pretendida. Quanto mais fino for o grão, maior é a sua superfície específica e maior o consumo de ligante para atingir uma dada resistência [2].

O uso de grãos angulares é de evitar, devido à sua grande superfície específica, uma vez que o uso destes irá levar a um maior uso de ligante e conteúdo na mistura. Tudo isto acarretará um custo extra, propriedades mecânicas inferiores ao desejado e defeitos relacionados com a libertação de gás do macho durante o vazamento. [2].

Os grãos redondos são os que possuem menor superfície específica e a melhor forma para conferir as melhores propriedades de permeabilidade ao macho. Estes grãos, ao serem unidos, levam a uma maior força de coesão devido a sua maior compactabilidade. Tal aumenta a sua resistência mecânica, levando a melhor capacidade de manuseamento e moldação, em comparação com os grãos de forma angular. Como desvantagem, os grãos redondos possuem uma maior expansibilidade térmica que os angulares [2].

Relativamente ao tamanho, se a mistura de grãos tiver uma maior distribuição de tamanhos de grãos, esta distribuição irá beneficiar a resistência em verde e aumentar a permeabilidade. Quanto menor a distribuição dos tamanhos de grãos, menor será a sua compactabilidade. Isto encontra-se relacionado com o facto de a superfície específica aumentar com a redução do tamanho de grão. Levando a que o número de pontos de contacto por unidade de volume aumente, resultando num aumento da resistência a compactabilidade [2].

2.3 Noções de Custo

2.3.1 Custos

O custo é qualquer recurso que é gasto para permitir atingir um objetivo específico. Os custos podem ser referentes a produtos, atividade, departamento, serviço ou operações nas quais existem recursos consumidos. No que toca a um produto, este é o somatório dos gastos envolvidos na produção desse produto [5].

2.3.2 Custos industrial e complexo

Os custos podem ser divididos em custo industrial e não-industrial, existindo ainda duas outras classificações, custo primário e custo de conversão [2,5,6].

O custo industrial é o custo de um produto à saída da fábrica, sendo o somatório de três componentes [2,5]:

- Matérias primas (MP) - “Todas as matérias ou materiais consumidos na fabricação que, após as operações de transformação características do regime de fabrico da empresa, dão origem a produtos terminados”;
- Mão de obra direta (MOD) - “Constituída pelas remunerações e encargos do pessoal fabril que trabalha diretamente na produção”;
- Gastos gerais de fabrico (indiretos) - Nestes gastos estão representados todos os gastos da fábrica que não são matérias primas ou mão de obra direta.

Dentro destes, os custos, podem ser distribuídos em diretos e indiretos. Os primeiros, representam aqueles que contribuem diretamente para o objeto de custo e conseguem ser especificamente identificados para esse mesmo objeto de custo, sendo que, os segundos, como o próprio nome indica, contribuem de forma indireta [2,5,6].

Ao custo da matéria prima e da mão de obra direta também se denomina de custos diretos. Os gastos gerais podem incluir custos diretos (ex: amortizações e matérias subsidiárias) e custos indiretos (ex: Overhead, seguros, etc) [2,6]

Os custos do tipo *Overhead*, na empresa, podem ser categorizados como produtivo, administrativo, marketing (ou vendas) [2,6].

- Industrial, inclui todos os custos de produção excluindo o custo de trabalho direto e matéria-prima;
- Administrativo, consiste em todos os custos associados à administração geral da empresa que não podem ser diretamente relacionados à produção, marketing ou distribuição;
- Marketing (ou vendas) está relacionado com os custos necessário para vender e distribuir os produtos ou serviços:

O custo primário, industrial, consiste em todos os custos diretos industriais, e o custo de conversão abrange a soma do trabalho direto com o custo dos indiretos. Representando, de tal forma, a conversão da matéria prima em produto final. [6].

Outro tipo de custo, o custo complexo, obtém-se somando os *Overheads* da empresa não industriais aos custos industriais. Este custo representa o preço mínimo de venda, a partir do qual, abaixo deste, a empresa tem prejuízo [5].

2.3.3 Afetação dos custos

Em ordem a perceber a problemática de afetação dos custos, convém definir os tipos de afetação existentes.

Os custos diretos e indiretos são repartidos pelos objetos de custeio, dos quais fazem parte [5,6,7]:

- Produtos fabricados;
- Serviços prestados;
- Departamentos;
- Pessoas.

Dependendo do tipo de custo, as bases de afetação serão [5,6,7]:

- Diretas - como, por exemplo, matérias primas, matérias subsidiárias ou mão de obra direta;
- Indiretas - quando o custo não é especificamente identificado como um objeto de custeio, sendo necessário uma base de repartição:
 - Arbitrárias - Quando não é determinante para a determinação do custo;
 - Induzidas - Quando é significativa para a determinação do custo.

É possível evidenciar a estrutura de afetação na seguinte Figura 1.

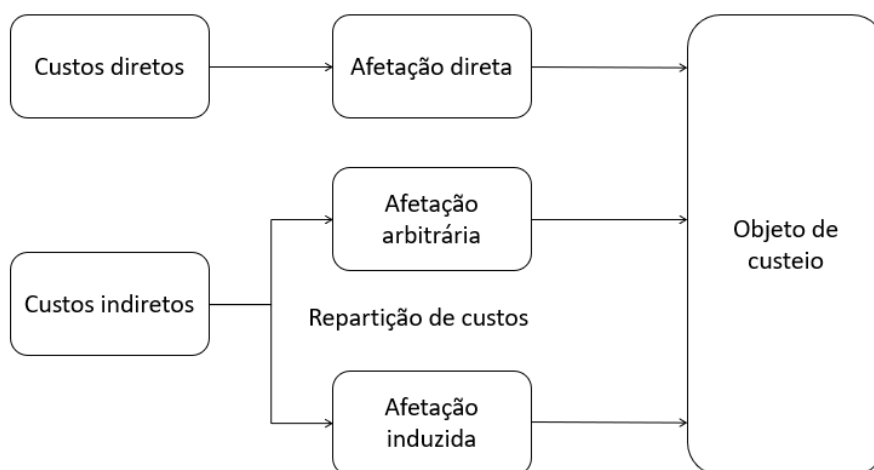


Figura 1 - Bases de afetação de custos, adaptado de Gil da Costa [7]

2.3.4 Custeio por Absorção

Custeio por absorção baseia-se na apropriação de todos os custos envolvidos na produção de um bem produzido. Surgiu por volta de 1920 e é um método de custeio que atribui os custos diretos e indiretos aos produtos e as despesas administrativas,

de vendas e financeiras, como um período. O sistema de custeio por absorção pode consistir numa departamentalização ou não [2,7,8].

No sistema sem departamentalização existem 3 passos na atribuição dos custos ao produto, que são: separação dos custos e despesas; atribuição dos custos direto e atribuição dos custos indiretos. Contudo, o sistema sem departamentalização leva a uma distribuição mais errónea dos custos. Assim, o recomendado foca-se num sistema com departamentalização [2,7,8].

O sistema com departamentalização leva a uma distribuição mais racional dos custos indiretos, separando-os pelos diferentes departamentos. Deste modo, este método possui os seguintes passos [2,7,8]:

- Separação de custos e despesas;
- Atribuição de custos diretos ao objeto de custo;
- Atribuição dos custos indiretos comuns e da Administração Geral aos diferentes departamentos;
- Afetação dos custos indiretos industriais e não industriais pelos diferentes departamentos;
- Afetação dos custos indiretos industriais dos departamentos aos objetos de custo;
- Atribuição dos custos indiretos não industriais, *Overhead*, aos produtos de acordo com o direcionador de custo escolhido.

Este sistema de absorção de custos revela-se vantajoso no auxílio na definição do preço de venda pois é de fácil implementação em empresas onde a alocação dos custos aos produtos provém na grande maioria de custos diretos [2,7,8]. É possível evidenciar, de forma esquemática, um sistema de alocação de custos no custeio por absorção na Figura 2.

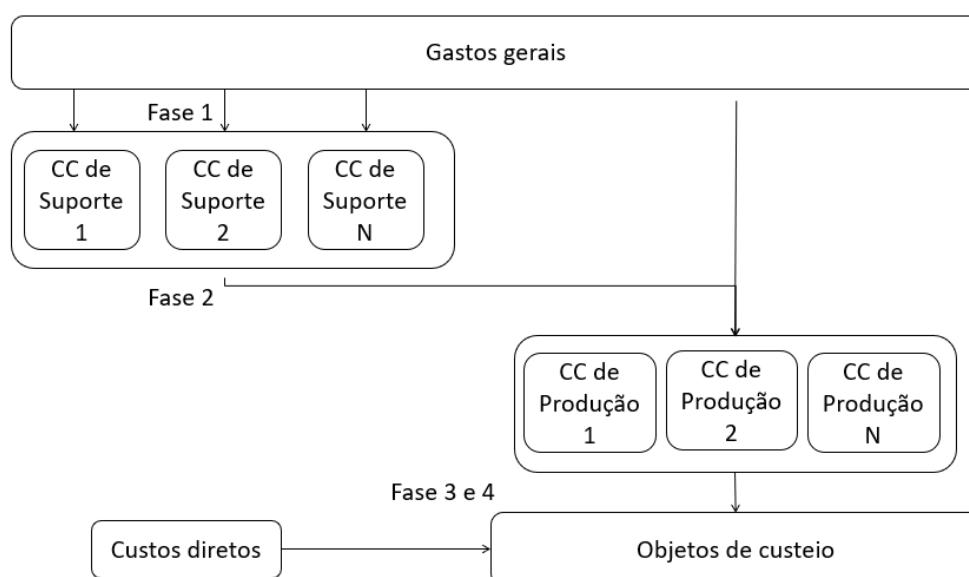


Figura 2 - Representação esquemática da atribuição dos custos ao objeto de custo num sistema de custeio por absorção, adaptado de Gil da Costa [7]

3. Trabalho experimental

3.1 Problema de Investigação

Esta dissertação foi efetuada numa empresa onde a produção é realizada por encomenda e em pequenas ou médias séries. Tais fatores trazem limitações na implementação de um sistema de custeio que é utilizado noutras áreas de atividade onde se realizam produções em série. Assim, será necessário desenvolver métodos aplicáveis às variáveis de cada posto nas macharias.

O processo de custeio de cada macho não era realizado independentemente, sendo referido como uma percentagem do custo final de uma peça fundida. No entanto, atualmente, a empresa identificou a necessidade de desenvolver, de raiz, um sistema de custeio específico para a macharia. Tal, exigiu uma investigação aprofundada dos processos de fabrico de machos e das dinâmicas existentes nas macharias da fábrica. Foi necessário também proceder à procura de informações relativas ao custo de mão de obra direto, custos de matéria prima, custos indiretos e *overheads* administrativos, cujas informações se encontravam noutros departamentos, de forma a conseguir chegar a um valor do custo complexo de cada macho. Porém, uma orçamentação de machos é insuficiente para o conhecimento do custo real do macho, sendo necessário desenvolver um método de controlo de custo em produção (trabalho também elaborado nesta dissertação). De forma a contribuir melhor para a macharia neste ponto de escolha de processo, é necessário ter em

conta períodos de alta procura de produção. Tal motivo levou também ao desenvolvimento de um método de escolha de processo de fabrico de machos.

3.2 Metodologia de trabalho

De forma a cumprir o objetivo desta dissertação, a abordagem ao problema foi realizada em 6 etapas distintas:

1. Estudo dos processos existentes na empresa e possíveis alternativas;
2. Observação dos processos de fabrico *in loco*;
3. Recolha de dados de custos e elaboração das fórmulas de custeio;
4. Recolha de tempos de fabrico;
5. Desenvolvimento de uma ferramenta de orçamentação;
6. Aplicação e validação em machos em produção.

Durante o tempo de dissertação foi necessário compreender as diferentes variáveis envolvidas em cada processo de fabrico, de forma a conseguir obter um método de custeio adaptado à realidade da empresa. Foi também possível observar o fabrico de um número de machos diferentes.

No fim do trabalho desenvolveu-se um ficheiro Excel que permite orçar diferentes machos, realizar um controlo de custo durante a produção do macho e auxiliar na escolha do processo por intermédio de uma matriz de decisão e uma pormenorizada descrição dos diferentes processos. Todo o estudo e ferramentas foram desenvolvidas especificamente para a empresa em causa, estando personalizadas de acordo com as variáveis existentes nos processos e a realidade do chão de fábrica da mesma.

3.3 Estudo dos processos de fabrico de machos

Numa das unidades industriais da empresa existem os processos de sílicato de sódio e areia autossecativa, na outra estão presentes os processos shell, sílicato de sódio, em modo manual e em semiautomático, recorrendo a uma disparadora que produz machos de pequenas dimensões e outra que produz machos de média dimensão.

Tendo em conta os diferentes processos, seguiu-se o estudo de cada um dos mesmos, tendo em conta os componentes que eram utilizados, fornecedores dos mesmos componentes, limitações dos processos assim como máquinas e condições de produção. Para tal, foi desenvolvido uma ferramenta em Excel que descreve os diferentes itens mencionados anteriormente.

Tendo em mente a questão de falta de mão de obra para suprir as encomendas foram explorados outros processos alternativos. Destes, foram escolhidos dois:

1. Caixa-Fria ou “*Cold-Box*”
2. Fenólico-Uretano *No Bake*, denominado comercialmente por *Pep-Set*

O objetivo deste estudo teve em vista o fornecimento de informações sobre estas alternativas à administração, de forma a comparar possíveis ciclos produtivos e diferenças a nível de resistências mecânicas do macho final. A tabela elaborada pode apreciar-se no Anexo 1.

Após a realização desta tabela procedeu-se a uma simplificação da mesma, de modo a poder ser utilizada de uma forma intuitiva e rápida, fornecendo as informações necessárias sobre os processos em estudo. Procedeu-se então à elaboração de uma tabela qualitativa que serve de apoio ao anexo 1. Pode-se consultar a respetiva tabela que se encontra no anexo 2.

Nesta, é possível observar quais os processos que podem ser automáticos, considerações a nível de produtivo, como, por exemplo, vida em bancada ou o armazenamento, propriedades físicas e mecânicas conferidas ao macho, limitações no uso dos processos, custo (referente a matérias primas) por macho assim como as séries que mais se adequam. Os dados presentes nesta tabela foram transmitidos pelos fornecedores das matérias primas. Torna-se relevante referir que, duas das linhas na tabela, sendo elas “*Sílicato de Sódio / CO₂ Manual*” e “*Resina Fenólica / CO₂ Disparadora Macho*” são ambos referentes ao processo de fabrico Sílicato de Sódio por gaseamento de CO₂. A distinção é dada, visto que, um se refere ao modo de produção manual utilizando a resina “*Solosil*” e o segundo ao modo automático recorrendo à resina “*Ecolotec*”, que é uma resina fenólica diluída.

Após o conhecimento aprofundado dos diferentes processos de fabrico de machos presentes em fábrica tornou-se possível então passar à observação dos mesmos em chão de fábrica.

3.4 Análise crítica dos processos de fabrico

A segunda etapa da metodologia de investigação implementada iniciou-se pela análise do funcionamento dos diferentes postos de fabrico de machos, sendo eles os seguintes:

1. No processo Sílicato de Sódio/CO₂, recorrendo a duas disparadoras;
2. Em modo manual, no processo de Sílicato de Sódio/CO₂, três postos;

3. Processo em Shell com um posto semiautomático;
4. Processo em areia autossecativa com um posto;

O objetivo desta etapa era conhecer a estrutura de custos e conseguir limitar o que seria o ciclo de produção total de cada macho.

3.4.1 Produção semiautomática em disparadoras no processo de sílicato de sódio

Começando pelas disparadoras de macho em sílicato de sódio. A primeira disparadora recorria ao uso de resina *Ecolotec*. Esta permite baixar o tempo de ciclo de endurecimento, o que possibilita o manuseamento mais rápido após desmoldação e, como o *Ecolotec* é adicionado em menores quantidades que o *Solosil*, este vai criar uma areia menos viscosa. A areia, tendo uma menor viscosidade, significa que terá uma maior fluidez, sendo de extrema importância para um preenchimento da caixa de macho. Esta disparadora, doravante denominada *Disparadora_ecolotec_1*, produz machos de tamanho reduzido, em caixas de macho com dimensão máxima aproximadamente de 15x15x15cm. Caracteriza-se por ser uma disparadora semiautomática que permite o manuseamento da caixa de macho pelo operador, devido ao seu peso e dimensões.

De seguida, para efeitos de análise de produtividade e estrutura de custos, foi identificado o ciclo produtivo associado a este posto de trabalho, caracterizado pelas seguintes etapas:

- Setup da caixa de macho
 - Verificar a integridade da superfície da caixa;
 - Limpar areias;
 - Fechar caixa;
 - Apertar grampos (se existirem);
 - Colocar caixa na *Disparadora_ecolotec_1*;
 - Encher moinho de areia (se necessário);
- Ciclo de produção executado por *Disparadora_ecolotec_1*
 - Iniciar disparo (operador);
 - Encher de areia a caixa de machos;
 - Iniciar o gaseamento com CO₂;
 - Finalizar o ciclo baixando o suporte de caixa;
- Remover o macho

- Retirar a caixa de macho;
- Desmoldar o macho;
- Verificar integridade do macho;
- Colocar o macho no suporte de machos;
- Transportar para armazenamento;
- Pintura
 - Realizada por outro operador que transporta os machos até à zona de pintura;
 - Pintar por imersão;
 - Secar ao ar ou em estufa.

Após se definir um ciclo de produção e observar que materiais estariam envolvidos em cada etapa, tornou-se possível, baseando nas partições básicas de custeio, estabelecer uma estrutura de custos pormenorizada e específica da *Disparadora_ecolotec_1*. Assim foi elaborado o seguinte esquema, presente na figura 3 que permite ter a visão geral dos custos deste posto.

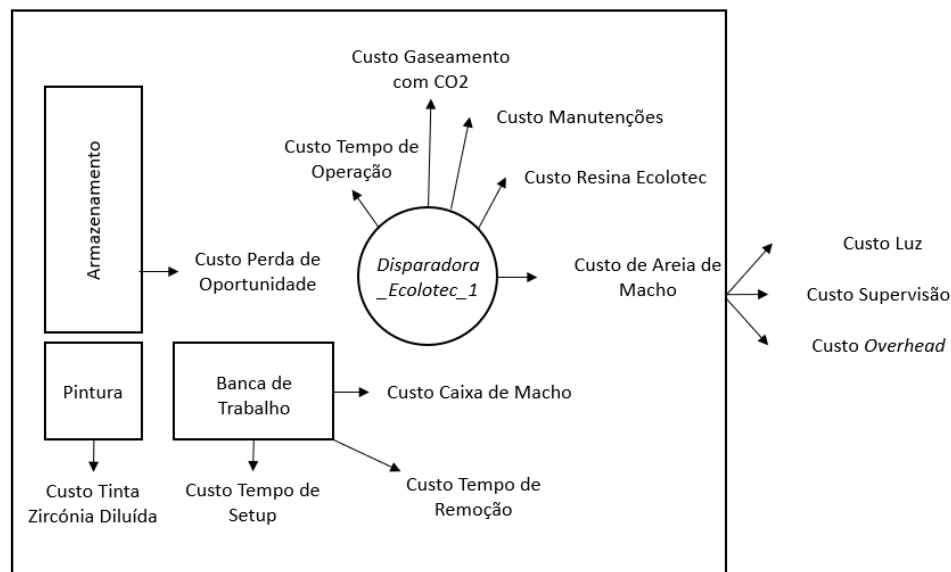


Figura 3 - Esquema de custos envolvidos na produção de machos na *Disparadora_Ecolotec_1*

Com os custos envolvidos na produção de um macho na *Disparadora_Ecolotec_1* procedeu-se à divisão dos mesmos, criando-se assim a seguinte Tabela 1.

Tabela 1 - Divisão de custos da Disparadora_Ecolotec_1

MP	MOD	Indiretos	Overhead
Tinta Zircónia Diluída	Setup	Perda de Oportunidade	Taxa/Hora Overhead
Resina Ecolotec	Ciclo de Produção	Supervisão	
Areia Sílica	Remoção de Macho	Energia Elétrica	
Caixa de Macho		Manutenções	
Gaseamento CO ₂			

Durante o período de observação, notou-se que, em alturas de pico de produção coincidentes com manutenção na secção de fundição, os machos produzidos acumulavam-se no armazenamento, retirando o espaço restante para esta função. Deste modo, foi tomada a decisão de implementar o custo de perda de oportunidade.

Sem espaço de armazenamento, a produção abrandava significativamente ou cessava. Durante este mesmo período, a envolvimento da supervisão e do Engenheiro de Produção, na macharia, era também superior, visto que se tornava fundamental resolver o problema de falta de espaço.

Relativamente à etapa de pintura, não foi considerado o tempo de execução da tarefa por dois motivos:

1. A tarefa era executada pelo supervisor que, nesta etapa, verificava também a integridade das peças;
2. A pintura era feita por imersão, sendo de tal forma rápida que foi considerada como não relevante na estrutura de custo.

Seguindo para a observação de um novo posto, desta vez a disparadora denominada *Disparadora_Ecolotec_2*. Esta caracteriza-se por ser uma disparadora de duas caixas e que consegue produzir machos de médias dimensões, possuindo um tamanho de caixa máximo de 750x1100x900mm. Esta disparadora possui um maior grau de automatização. Todavia, continua a ser semiautomática pois requer a intervenção de um operador nas etapas de Setup e Remoção do macho. Por este motivo, foi então estudada o ciclo de produção associado a este posto, que se caracteriza pelas seguintes etapas:

- Setup inicial
 - Remover a a caixa de referência anterior;

- Transportar e colocar a nova caixa de macho;
 - Montar a nova caixa;
 - Realizar a centralização;
 - Realizar os ajustes;
- Ciclo produtivo
 - Caixa entra na disparadora;
 - Dá-se o disparo de areia;
 - Inicia-se o gaseamento com CO₂;
 - Caixa é retirada pelo tapete;
- Remoção do macho
 - Limpar areias;
 - Retirar tampa do disparo;
 - Abrir caixa;
 - Retirar o macho;
 - Colocar no armazenamento;
- Setup novo ciclo
 - Limpar areias com ar comprimido;
 - Verificar integridade da caixa de macho;
 - Aplicar tinta desmoldante (se necessário);
 - Polir (se necessário);
 - Fechar caixa;
 - Colocar tampa;
 - Limpar as areias de excesso da máquina (quando caixa está cheia).

Terminando assim, a definição do ciclo da *Disparadora_Ecolotec_2*, e a observação de todos os possíveis custos envolvidos na operação deste posto, partiu-se para a esquematização (Figura 4) dos mesmos. Refira-se que não foi possível observar o funcionamento simultâneo das duas caixas. A razão foi de que o operário

deste posto estava em fase de treino e não dominava a operação da máquina, trabalhando assim, com apenas uma caixa.

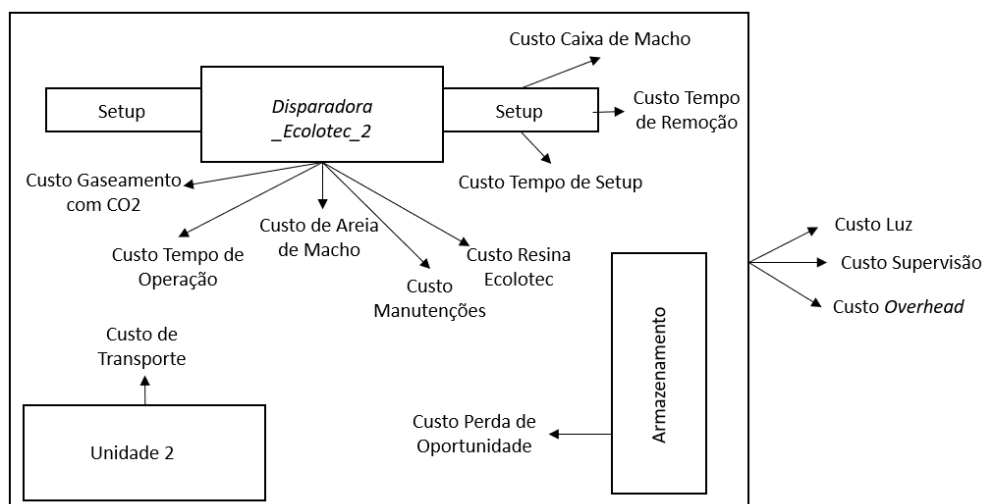


Figura 4 - Esquema de custos envolvidos na produção de machos na Disparadora_Ecolotec_2

Após se conhecer a estrutura de custos dividiram-se os respetivos por MP, MOD, Indiretos e *Overhead*. A divisão pode-se analisar na Tabela 2, apresentada de seguida.

Tabela 2 - Divisão de custos da Disparadora_Ecolotec_2

MP	MOD	Indiretos	Overhead
Resina Ecolotec	Setup Inicial	Perda de Oportunidade	Taxa/Hora Overhead
Areia Sílica	Setup	Supervisão	
Caixa de Macho	Ciclo de Produção	Energia Elétrica	
Gaseamento CO ₂	Remoção de Macho	Transporte	
		Manutenções	

Neste processo podemos observar a entrada de uma nova variável: custo de transporte. A introdução deste custo deve-se ao facto da maioria dos machos produzidos neste posto ter como destino outra unidade industrial, o que acarreta um custo de transporte. Este custo contempla as pessoas envolvidas no mesmo assim como os custos de combustível.

Um ponto a ter em consideração é o facto de se recorrer ao custo indireto de energia elétrica para definir o consumo elétrico da disparadora. Foi tomada esta

decisão após se analisar que o único dado disponível da máquina era a potência, 15kW/h. É relevante mencionar que a potência era referente à potência máxima e a máquina não estaria constantemente em operação. Em reunião com o responsável da manutenção tentou-se chegar a um coeficiente de utilização, o qual, multiplicado pela potência máxima poder-se-ia atingir um valor previsto da energia utilizada. Após observações, verificou-se que o uso da máquina seria muito inconstante e esse coeficiente apenas funcionaria para um uso fluído da mesma. Foi, perante estas observações, decidido considerar que o gasto elétrico da máquina seria reportado como um custo indireto que teria uma atribuição específica à máquina o que, deste modo, tornar-se-ia mais preciso. No entanto, na ferramenta de custeio desenvolvida, existe um campo pronto para a introdução do consumo elétrico assim que esta apresente um funcionamento mais constante.

No que toca ao setup inicial da caixa de macho e da máquina, este processo era variável por causa do operador estar em formação. Porém, teve-se a oportunidade de medir o tempo de setup inicial de uma pessoa mais experiente e do operador em formação, os respetivos tempos foram de 15 min e 48 min.

3.4.2 Produção em sílicato de sódio num posto manual

Passando à observação dos postos em sílicato de sódio/CO₂ em modo manual, conclui-se que todos os três postos apresentavam a mesma dinâmica de produção. No momento das observações, um dos postos limitava-se ao fabrico de machos com *incast*, encastráveis que permitem uma melhoria das propriedades finais da peça fundida. Tal acontecia, pois, o operador desse posto era o mais experiente nesse tipo de machos. Os outros dois postos intercalavam a produção de machos desde algumas gramas, até 8 kg. Contudo, esta dinâmica não se verifica sempre, podendo os três postos trabalhar em machos semelhantes, não havendo qualquer limitação de algum posto para o que pode produzir.

Definiu-se então o seguinte ciclo produtivo comum, para os diferentes postos de Sílicato de Sódio/CO₂ em modo manual:

- Setup
 - Verificar integridade da superfície do molde;
 - Fechar caixa e incluir os grampos (quando necessário);
- Ciclo produtivo

- Encher com areia;
- Compactar a areia;
- Raspar excesso de areia;
- Em alguns machos poder-se-ia incorporar um elemento de reforço ou picar o macho para um melhor gaseamento;
- Gasear com CO₂;
- Remoção do macho
 - Abrir a caixa;
 - Remover do macho;
 - Colocar sobre a tábua;
- Pintura
 - Realizada por outro operador que transporta a tábua até à zona de pintura;
 - Pintar por imersão;
 - Secar a ar ou por estufa.

Com o ciclo definido passou-se então à esquematização e estruturação de custos envolvidos, apresentados, de seguida, na Figura 5.

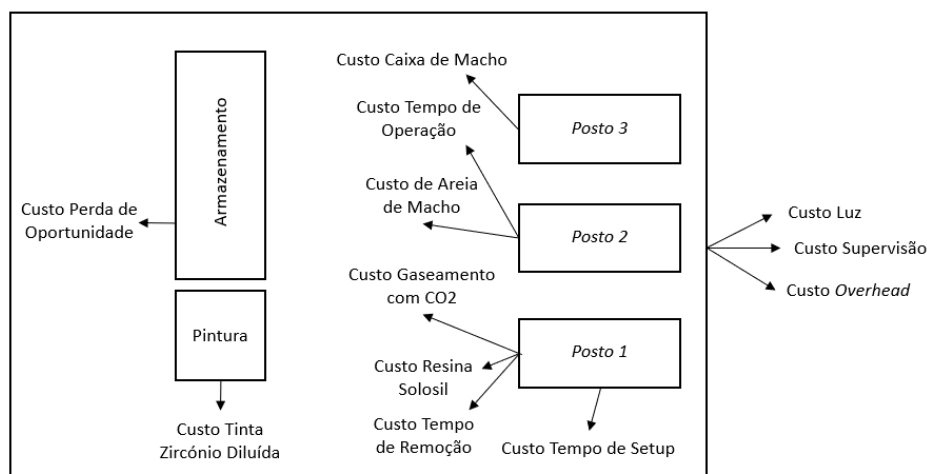


Figura 5 - Esquema de custos envolvidos na produção de machos nos postos de silicato de sódio/CO₂ Manual

De notar que a estrutura de custos é comum a todos os postos e assim sendo, na tabela seguinte (Tabela 3) enumera-se os custos divididos pelas suas categorias.

Tabela 3 - Divisão de custos dos postos de silicato de sódio/CO₂

MP	MOD	Indiretos	Overhead
Resina Solosil	Setup	Perda de Oportunidade	Taxa/Hora Overhead
Areia Sílica	Ciclo de Produção	Supervisão	
Caixa de Macho	Remoção de Macho	Energia Elétrica	
Gaseamento CO ₂			
Tinta Zircónia Diluída			

3.4.3 Produção semiautomática pelo processo shell

No que toca ao processo de shell, este confere, ao macho, de entre todos os processos, as melhores propriedades finais. Caracteriza-se por ser um processo de ciclos muito rápidos e, na empresa, engloba apenas machos de pequena dimensão. As caixas, utilizadas no processo shell, estão constantemente a ser aquecidas, com recurso à queima de gás natural. Em adição a isto, existe uma tocha que é utilizada sob os machos, aquando o ciclo de produção, por forma a acelerar o processo. Cada caixa de macho tem entre 3 a 6 machos, no entanto, há exceções para a execução de um tipo de macho que será discutida mais à frente. É um processo fiável e simples de executar, tendo sido observado que em mais de 4800 machos, de uma referência, não houve nenhum refugo.

Existem dois postos recorrendo ao processo shell, no entanto, apenas foi estudado um deles devido a restrições produtivas. Seguiu-se, então, o estudo do seu ciclo produtivo, demonstrado a seguir (Figura 6):

- Setup da caixa de macho
 - Fechar caixa;
 - Encher areia;
 - Raspar excesso de areia
- Ciclo de produção
 - Iniciar aquecimento com tocha;
- Remoção de macho
 - Abrir caixa;
 - Retirar machos;

- Colocar na caixa de armazenamento;
- Pintura
 - Realizada por outro operador que transporta a caixa até à zona de pintura;
 - Pintar por imersão;
 - Secar ao ar ou por estufa.

Um ponto importante é que o processo shell tem um setup inicial relativamente longo em que é necessário aquecer a caixa de macho, por volta de 30 min, dependendo do tamanho.

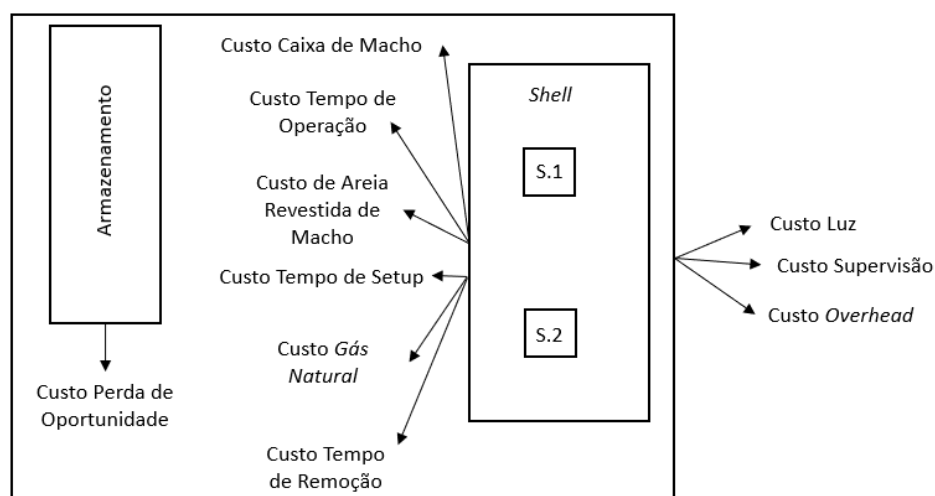


Figura 6 - Esquema de custos envolvidos na produção de machos nos postos de shell

Com a devida estruturação dos custos abrangidos no processo de Shell procedeu-se então a separação dos mesmos, sob a forma da Tabela 4.

Tabela 4 - Divisão de custos dos postos que recorrem ao processo shell

MP	MOD	Indiretos	Overhead
Areia Revestida	Setup	Perda de Oportunidade	Taxa/Hora Overhead
Gás Natural	Ciclo de Produção	Supervisão	
Caixa de Macho	Remoção de Macho	Energia Elétrica	

3.4.4 Produção manual no processo de areia autossecativa

Passando agora ao último posto de fabrico de machos, o posto do processo em areia Autossecativa. Este posto realiza a produção de machos de maiores dimensões e complexidade, caracterizando-se por ser o processo de ciclo mais longo

desempenhado por um operador, tal como os restantes. Este posto realiza a produção de várias referências ao mesmo tempo. Durante a observação e análise, o ciclo produtivo era feito caixa a caixa, após alguma discussão, surgiu a ideia de realizar um ciclo que englobava colocar todas as caixas no mesmo segmento do ciclo de produção. As diferenças referentes a este ponto serão esclarecidas no capítulo “Recolha de tempos de fabrico”.

Nesta etapa, definiu-se então o ciclo geral de produção de um macho em areia autossecativa, demonstrando o mesmo a seguir:

- Setup
 - Fechar caixa e incluir os grampos (quando necessário);
 - Adicionar encastráveis (quando necessário);
- Ciclo produtivo
 - Encher com areia;
 - Compactar da areia;
 - Raspar areia;
 - Incorporar um elemento de reforço (se necessário);
- Remoção do macho
 - Abrir a caixa;
 - Remover o macho;
 - Verificar integridade da superfície da caixa de macho;
 - Colocar no armazenamento;

Transpondo a informação retirada do ciclo para uma estruturação de custos obtemos então o seguinte esquema (Figura 7) do processo recorrendo a areia autossecativa.

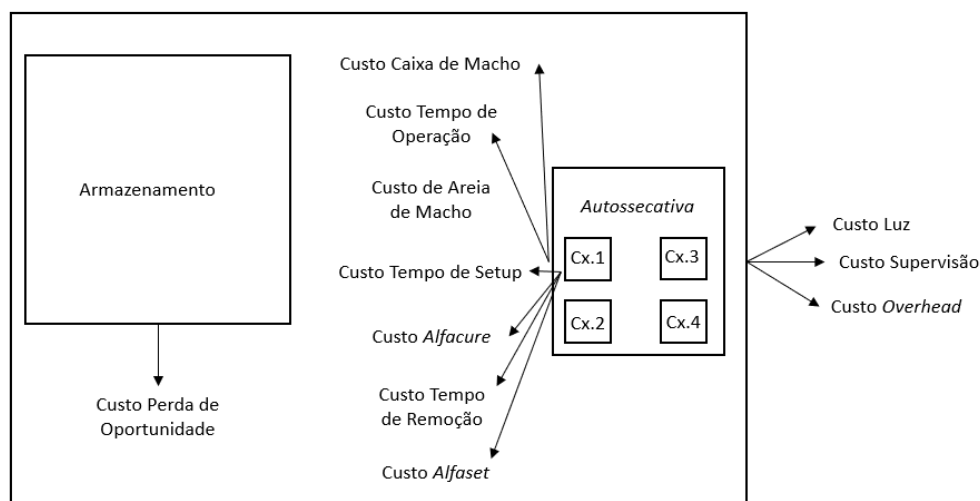


Figura 7 - Esquema de custos envolvidos na produção de machos nos postos de areia autossecativa

No processo de areia autossecativa, durante o período de observação verificou-se a utilização de areia de sílica e crómite no mesmo macho. Reconhecido este facto, as proporções de cada areia devem ser consideradas em relação ao peso total. Aquando da execução da ferramenta de orçamentação este detalhe da produção de macho foi tido em conta e automatizado. O espaço reservado a armazenamento, para machos produzidos por areia autossecativa, era inferior ao dos outros processos, contudo não se observou problemas na quantidade de machos. Por forma a considerar a possibilidade de tais problemas acontecerem no futuro, o custo de perda de oportunidade foi mantido. Elaborou-se então a Tabela 5 de divisão de custos.

Tabela 5 - Divisão de custos dos postos de fabrico de machos por areia autossecativa

MP	MOD	Indiretos	Overhead
<i>Alfature</i>	Remoção de Macho	Perda de Oportunidade	Taxa/Hora <i>Overhead</i>
<i>Alfaset</i>	Ciclo de Produção	Supervisão	
Caixa de Macho	Setup	Energia Elétrica	
Areia (Sílica / Cromite)			

De realçar que durante a análise não se considerou o uso de ar comprimido. Esta decisão deve-se ao ar comprimido da fábrica ser fornecido de um único ponto para todas as secções da mesma. Tal facto, tornou impossível chegar a um consumo por posto na macharia, visto que o seu uso não era constante.

3.5 Recolha de dados de custos e elaboração das fórmulas de custeio

Com uma estrutura de custos bem definida, para cada posto considerado na macharia, o passo seguinte foi recolher valores para esses mesmos custos e decidir a melhor abordagem para as informações recolhidas.

Assim, no decorrer deste capítulo, serão discriminadas as fórmulas utilizadas para o custeio e o raciocínio por detrás de cada item.

3.5.1 Matéria Prima

3.5.1.1 Resinas, areia e endurecedores

Começando pelas componentes da matéria prima, foi necessário saber exatamente quais as quantidades de cada componente em cada processo de forma a se conseguir chegar a valores concretos. Deste modo, juntamente com o Engenheiro de Produção e o Diretor Técnico obteve-se as percentagens de cada componente em cada processo. As percentagens encontram-se representadas na tabela seguinte (Tabela 6).

Tabela 6 - Quantidades dos componentes utilizados em cada processo

Processo	Resina	Endurecedor
Sílicato de Sódio/CO ₂	Solosil - 4%	CO ₂ - Variável
Disparadoras	Ecolotec - 2,4%	CO ₂ - Variável
Areia Autossecativa	Alfacure - 1,4%	Alfaset - 20%

Com as quantidades de cada componente é assim possível calcular o custo de cada um; as fórmulas estão descritas a seguir:

Equação 1 - Custo por macho de resina Solosil

$$\text{Custo Solosil} = 0.04 \times \text{Peso Macho} \times \frac{\text{€}}{\text{kg}} \text{Compras}_{\text{Solosil}}$$

Equação 2 - Custo por macho de resina Ecolotec

$$\text{Custo Ecolotec} = 0.024 \times \text{Peso Macho} \times \frac{\text{€}}{\text{kg}} \text{Compras}_{\text{Ecolotec}}$$

Equação 3 - Custo por macho de resina Alfacure

$$\text{Custo Alfacure} = 0.014 \times \text{Peso Macho} \times \frac{\text{€}}{\text{kg}} \text{Compras}_{\text{Alfacure}}$$

Equação 4 - Custo por macho de endurecedor Alfaset

$$\text{Custo Alfaset} = 0.20 \times (0.014 \times \text{Peso Macho}) \times \frac{\text{€}}{\text{kg}} \text{Compras}_{\text{Alfaset}}$$

Equação 5 - Custo por macho de areia sílica no processo de silicato de sódio/CO₂

$$\text{Custo Sílica}_{\text{Silicato de Sódio}} = \text{Peso Macho} - (0.04 \times \text{Peso Macho}) \times \frac{\text{€}}{\text{kg}} \text{Compras}_{\text{Sílica}}$$

Equação 6 - Custo por macho de areia sílica nas disparadoras

$$\text{Custo Sílica}_{\text{Disparadoras}} = \text{Peso Macho} - (0.024 \times \text{Peso Macho}) \times \frac{\text{€}}{\text{kg}} \text{Compras}_{\text{Sílica}}$$

Equação 7 - Custo por macho de areia sílica no processo de areia autossecativa

$$\text{Custo Sílica}_{\text{Autossecativa}} = \% \text{Sílica} \times \text{Peso Macho} - ((0.014 \times \text{Peso Macho}) + (0.20 \times (0.014 \times \text{Peso Macho}))) \times \frac{\text{€}}{\text{kg}} \text{Compras}_{\text{Sílica}}$$

Equação 8 - Custo por macho de areia crómite no processo de areia autossecativa

$$\text{Custo Crómite}_{\text{Autossecativa}} = \% \text{Crómite} \times \text{Peso Macho} - ((0.014 \times \text{Peso Macho}) + (0.20 \times (0.014 \times \text{Peso Macho}))) \times \frac{\text{€}}{\text{kg}} \text{Compras}_{\text{Crómite}}$$

Tendo as fórmulas definidas passou-se à recolha dos dados do departamento de compras onde se elaborou a seguinte tabela 8

Tabela 7 - Valores de compras das diferentes matérias primas

Item	Gasto Anual	Total Compra (Kg)	Custo por Kg
Solosil	408 €	660	0,62 €
Ecolotec	938 €	506	1,85 €
Alphaset	27 072 €	52 800	0,51 €
Alfacure	5 741 €	4 048	1,42 €
Areia pré-revestida	320 €	1 100	0,29 €
Areia Sílica	1 264 €	55 000	0,02 €
Areia Crómite	20 736 €	52 800	0,39 €
Areia Zircónia	124 €	110	1,13 €
Tinta Magnesite	2 539 €	1 518	1,67 €
Tinta Zircónia	8 064 €	3 960	2,04 €
Tanque CO₂	7 331 €	10 560	0,69 €
Gás Natural	59 251 €	134 261	0,44 €

A acrescentar a estes valores de compras, existem também diversas referências de *incasts* que podem ser acrescentados a machos. A tabela de custos dos mesmos encontra-se no Anexo 3. O cálculo do seu custo no macho é simples, sendo apenas necessário multiplicar o seu custo unitário pelo número de encastráveis existentes.

O valor €/kg é fornecido pelo departamento de compras. Este valor foi dado em quantidade anual de compra no ano 2017 e o custo total, de forma a poder considerar variações no custo de aquisição, sendo depois dividido o custo total pelos kg adquiridos e obtendo-se o preço por quilograma de todas as matérias primas.

As resinas e ligantes a serem utilizados são de fácil cálculo, apenas é necessário saber, através da ficha de produção, a quantidade de resina a ser aplicada em macho. Tendo a percentagem, multiplica-se pelo peso do macho e de seguida pelo custo por quilograma da mesma, tal como descrito nas equações referidas anteriormente. No caso do *Alfaset*, que é referente ao peso de *Alfacure*, é necessário primeiro calcular o peso de *Alfacure* e de seguida a percentagem relativa de *Alfaset* face ao *Alfacure* e multiplicar pelo custo do mesmo.

No que toca ao peso da areia poder-se-ia multiplicar apenas o peso do macho pelo custo/quilograma da areia de sílica, todavia, tal não era exato. Assim, ao peso de areia é necessário retirar o peso dos outros componentes presentes no macho e só depois multiplicar pelo custo/quilograma.

O processo Shell, visto que se recorre a areia subcontratada, a única quantidade que tem é a de areia previamente revestida e a fórmula do seu custo é direta, bastando multiplicar o seu peso pelo custo unitário da areia pré revestida.

Olhando para o gasto de CO₂ por macho, não foi possível realizar uma medição direta do mesmo. Perante tal restrição, foi necessário chegar-se a um método mais indireto e obter uma estimativa de custo por quilograma de areia. Assim, como o CO₂ da fábrica é todo utilizado na macharia e a areia de sílica é específica para o mesmo departamento, procedeu-se à análise de custo de compra de 2017 do CO₂ e o total de areia de macho gasto no mesmo ano. Os valores foram, respetivamente, 36580 kg CO₂ e 193940 kg de areia. Assim, é possível saber que por cada quilograma de areia de macho, considerando todos os machos produzidos, foi gasto em média 188 gr de CO₂. Sabendo o gasto de CO₂ por kg de areia de macho, multiplica-se pelo custo de CO₂ por kg. O valor final é de 0,14 €/kg de areia de Sílica. Assim, para um macho de, por exemplo, 4 kg irá ter um uso de 0,8 kg de CO₂ e um custo de 0,56 €/Macho*.

3.5.1.2 Pintura

A grande maioria dos machos na empresa eram pintados a tinta de zircónia, tendo já o custo da mesma, foi necessário avaliar se a tinta era utilizada em bruto ou se tinha alguma diluição. Percebeu-se, então, que a mesma tinha uma diluição de 17% em álcool onde o seu custo passou de 2,04 €/kg para 1,48 €/kg. Com o seu custo/kg calculado procedeu-se ao cálculo da quantidade de tinta presente na superfície de cada macho que não é totalmente pintado. Inicialmente, adotou-se um sistema de extrapolação que consistia em medir o macho, como se este fosse um bloco maciço. Tal abordagem, revelou-se ineficiente. Decidiu-se, então, pesar três machos de diferentes complexidades, antes e depois de pintados. O objetivo era chegar a uma média de peso de tinta dos 3 machos e coeficientes de complexidade que permitissem extrapolar a quantidade de tinta que cada macho possuía. Seguiu-se então uma análise dos pesos dos machos, por grau de complexidade, que se pode ver nas Figuras 8 a 11.

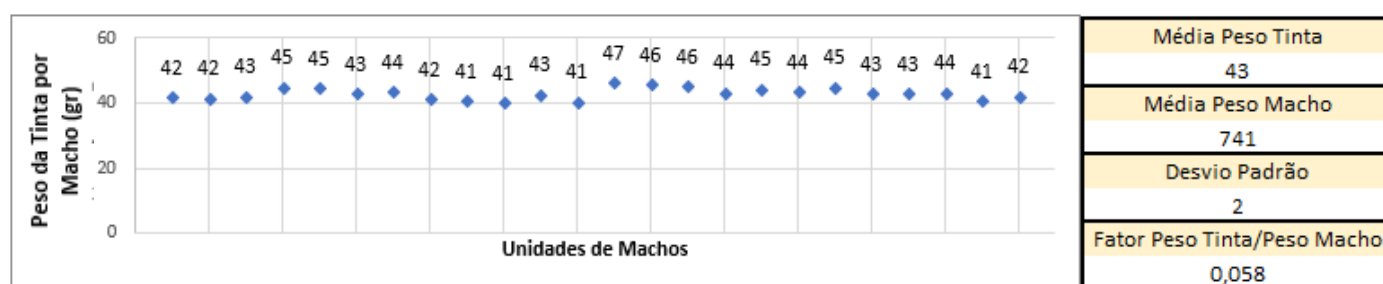


Figura 8 - Análise dos pesos de tinta presentes em machos de complexidade 1 da mesma referência

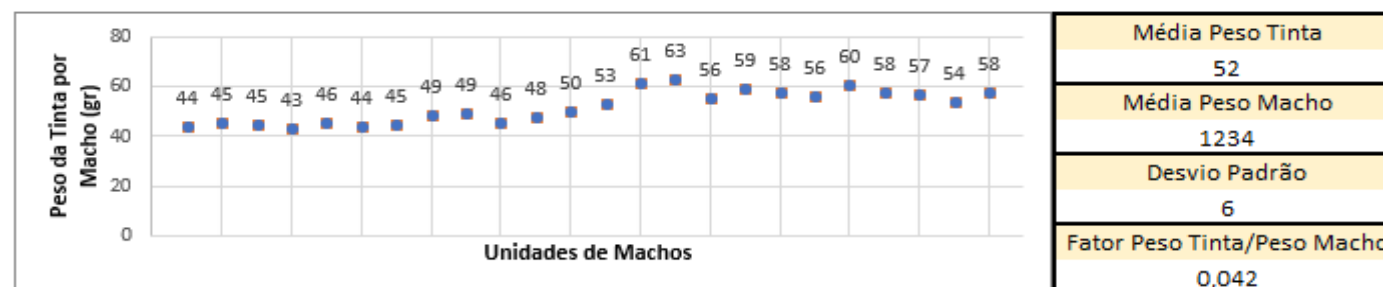


Figura 9 - Análise dos pesos de tinta presentes em machos de complexidade 2 da mesma referência

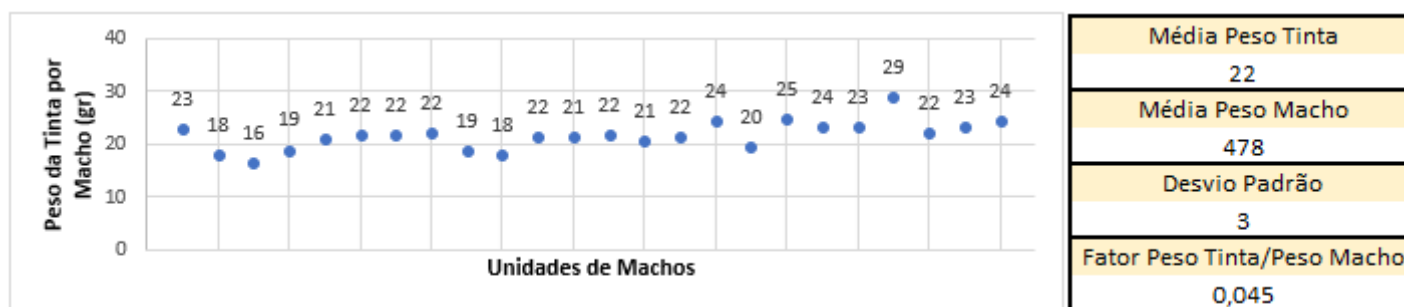


Figura 10 - Análise dos pesos de tinta presentes em machos de complexidade 3 da mesma referência



Figura 11 - Macho de complexidade 1 (esquerda), nível 2 (centro) e nível 3 (direita)

Posteriormente à obtenção dos valores dos pesos de tinta presentes em cada macho de diferentes complexidades, calculou-se o fator peso do macho/peso tinta. Após se ter cada um destes fatores, chegou-se ao valor da sua média, ou seja, o valor médio de peso de tinta existente nos diferentes machos pintados na macharia. Assim, tornou-se mais simples calcular uma aproximação da quantidade de tinta gasta por macho, que corresponde a uma média de 5% do peso total do macho. Por forma a melhorar a aproximação dos resultados à realidade da complexidade do mesmo, na fase de orçamentação chegou-se aos seguintes critérios:

- Macho de complexidade 1 acarreta um peso de tinta de 20%;
- Macho de complexidade 2 acarreta um peso de tinta inferior em 14%;
- Macho de complexidade 3 acarreta um peso de tinta inferior em 7%.

Com estes coeficientes é possível saber, logo em fase de orçamentação, que um macho de 1kg, tendo em conta os diferentes graus de complexidade, levará as seguintes quantidades de tinta*:

- Macho de complexidade 1 terá 60 gr de tinta de zircónia que acarreta um custo de 0,09€/Macho;

- Macho de complexidade 2 terá 43 gr de tinta de zircónia que acarreta um custo de 0,06€/Macho;
- Macho de complexidade 3 terá 46,5 gr de tinta de zircónia que acarreta um custo de 0,07€/Macho.

3.5.1.3 Gás Natural

No processo Shell existe um componente da MP que se revelou de difícil extrapolação, o gasto de gás natural por macho. Tendo em conta este fator, foi necessário implementar nas tubagens que transportavam o gás natural para os postos de Shell, um contador de gás que anteriormente estava numa outra secção da fábrica. Após se aplicar o contador, mediu-se antes do início de operação e seguiram-se duas outras medições. Uma ao final do turno, outras ao final de cada um dos dois dias seguintes. Ao mesmo tempo que se anotava as medições de consumo, procedia-se, também, à contagem de machos produzidos nesses mesmos dias. Assim, como resultado, ao fim de 18h obteve-se um consumo de 869 m³ tendo sido produzidos cerca de 3800 machos. Com estes valores calcula-se que cada macho consome em média 0,23 m³ de gás natural. Sabendo que o custo de gás natural por m³ foi de cerca de 0,44 €* então, o custo de consumo de gás por macho é de 0,10 €. Com este método de imputação de custo aos machos, por estimativa, evitamos tentar calcular quantos segundos de gás são utilizados em cada ciclo e no ciclo de aquecimento inicial, assim como qual o caudal de gás desse mesmo período, valores estes que acabam por variar com alguma frequência devido a fatores externos, que serão discutidos posteriormente.

3.5.1.4 Caixas de Macho

Sabendo que existe uma lacuna relativamente à precisão do custo de produção, em fábrica, de uma caixa de macho, torna-se necessário preparar um método simplista de custeio para a carpintaria. Inicialmente, abordou-se o problema com uma taxa hora fixa de 25€/h que seria multiplicada pelo número de horas de trabalho, ao qual se somava o custo das matérias primas utilizadas. No caso das disparadoras, seria necessário contabilizar o refugo criado pelos ensaios, o número de pessoas envolvidas e o custo por minuto de cada colaborador envolvido, bem como possíveis retoques à caixa. Tal abordagem, apesar de completa e precisa, apresentava grande complexidade. Não foi, então, considerada uma vez que se obteve conhecimento de que os custos eram relativamente constantes, através do

Eng.º de Produção e Diretor Técnico, dependendo apenas do tamanho da caixa e complexidade. Possuindo esta nova informação, foi possível simplificar este ponto da orçamentação da macharia, de um modo que permitisse uma mais fácil automatização da ferramenta de custeio. A nova abordagem consistiu em dividir as caixas de macho em três graus de complexidade de tamanho e, no caso das caixas de macho para as disparadoras, outros três graus de complexidade de projeto. Foi então necessário saber o custo de cada grau e descrever cada um dos mesmos, assim, elaborou-se a seguinte Tabela 8 e 9.

*Tabela 8 - Custos padrão fixos de caixa de machos **

Processo	Níveis de Complexidade		
	1	2	3
	Caixa Pequena	Caixa Normal	Caixa Grande
Disparadoras	1080 €	1120 €	1200 €
Shell	1280 €	1440 €	1600 €
Manual	768 €	960 €	1040 €
Autossecativa	896 €	2400 €	3840 €

*Tabela 9 - Custos padrão fixos de projetos de caixa de macho para disparadoras**

Processo	Níveis de Complexidade		
	1	2	3
	Caixa Simples	Caixa com Extratores	Caixa Complexa com Sistema de Desmoldação Próprio
Disparadoras	640 €	960 €	1280 €

Com estas tabelas é assim possível ter uma estimativa de custo por cada caixa. No caso de ser uma caixa de macho para ser utilizada numa disparadora, ao custo de caixa é necessário somar o custo de projeto. Exemplificando, uma caixa para um processo manual de pequeno tamanho, terá um custo de 768 €. Enquanto que a mesma caixa, para ser utilizada na disparadora terá um custo de 1080 € + 640 €, totalizando um custo final de 1720 €*.

Os custos, referentes à caixa de macho, terão de ser imputados aos machos produzidos, seguindo uma lógica de amortização. Quantos mais machos da referência se produzir menor o custo absorvido pelo macho proveniente da caixa de macho.

Assim, no momento de orçamentação é necessário dividir o custo da caixa de macho pela série encomendada. Voltando ao exemplo anterior, uma série de 2000 machos a ser produzida em areia autosssecativa com caixa de macho simples irá acarretar um custo por macho de, aproximadamente, 0,39 €*. Enquanto que, na disparadora, para a mesma série e sendo uma caixa simples, o custo atribuído a cada macho será de 0,86 €*. Conclui-se aqui que, para séries mais pequenas, o custo da caixa de macho apresentará uma das maiores porções, não obstante, apenas o custo de caixa de macho não chega para afirmar se fica mais barato realizar em Autossecativa ou, numa disparadora, visto que temos o fator MOD que mais à frente será discutido.

3.5.2 Mão de Obra Direta

Todos os custos relacionados com o tempo que demora a ser executada uma tarefa entram na categoria da mão de obra direta. Descreve-se, de seguida, o raciocínio que se utilizou para se chegar aos valores de cada item da MOD.

Começando pelo custo associado ao setup inicial. Este setup é executado nas disparadoras e nos postos shell. Visto que estes postos são semi automatizados, torna-se necessário alinhar distâncias, ajustar alguns parâmetros e, no caso da Shell, aquecer a caixa de macho à temperatura pretendida. Durante este tempo, o valor associado ao custo por hora do operador está a ser imputado à execução da preparação do trabalho para a produção que se segue. Seguindo este princípio, entende-se que, se for gasto 30 minutos a executar o setup para se produzir um macho, esse macho terá um tempo de produção de mais 30 minutos. No entanto, se a série a ser produzida nesse dia, para determinada referência, for de 200 machos, então, o tempo inicial de setup tem de ser atribuído a esta série, tal como seu custo. Deste modo, o custo do setup inicial segue a seguinte fórmula presente na equação 9.

Equação 9 - Custo de setup inicial atribuído a cada macho

$$Custo\ Setup\ Inicial_{macho} = \frac{Custo\ minuto_{Colaborador} * Tempo\ de\ execução}{Série\ Diária}$$

Portanto, depreende-se que, quanto maior a série a ser produzida seguida, menor o custo de Setup inicial. Este custo acaba, também por ser substancialmente reduzido. No exemplo referido anteriormente, se o custo por minuto de cada colaborador for de 0,15 €*, então o custo deste setup, numa série por setup de 200 machos, será cerca de 0,02 €*.

Na mesma linha de raciocínio, deparamo-nos com o tempo de setup. Porém, este tempo é atribuído diretamente a cada macho produzido. Tal deve-se à maneira como ele é medido, como descrito acima, sendo frequentemente denominado como o tempo de fechar caixas e preparar o trabalho para a produção de uma caixa. Sendo diretamente correlacionado com uma caixa em específico, o custo deste tempo vai ser imputado ao número de machos que uma caixa de machos consegue produzir. Se a caixa de macho tiver sido desenhada para o fabrico de dois machos em simultâneo, o custo de setup é dividido por dois. O mesmo raciocínio aplica-se ao custo de tempo de produção e de remoção. Assim, as fórmulas desenvolvidas para estes tempos são as seguintes (equações 10, 11 e 12).

Equação 10 - Custo de setup por macho

$$Custo\ Setup_{macho} = \frac{Custo\ minuto_{colaborador} \times Tempo\ de\ execução}{Número\ de\ machos\ por\ caixa\ de\ macho}$$

Equação 11 - Custo de ciclo de produção por macho

$$Custo\ Ciclo\ Produção_{macho} = \frac{Custo\ minuto_{colaborador} \times Tempo\ de\ execução}{Número\ de\ machos\ por\ caixa\ de\ macho}$$

Equação 12 - Custo de remoção de macho

$$Custo\ Remoção_{macho} = \frac{Custo\ minuto_{colaborador} \times Tempo\ de\ execução}{Número\ de\ machos\ por\ caixa\ de\ macho}$$

De forma a se conseguir implementar as fórmulas supracitadas é necessário obter algumas informações, desta vez, do departamento de recursos humanos, relativamente aos custos que se tem com cada trabalhador existente em cada posto. No caso desta empresa, o facto de poder existir mais que um turno, complicaria as fórmulas, visto que se entraria com subsídios de turno. Então, por forma a simplificar, optou-se por executar um salário médio anual de cada posto, bem como, seguro de acidentes e outras despesas. Com esta abordagem, atribuímos o custo de MOD ao macho, proveniente, não do trabalhador, mas do posto. Segue-se então a Tabela 10, que representa os custos relacionados com a mão de obra por posto.

Tabela 10 - Custos de mão de obra dos diferentes postos*

Posto	Manual	Disparadora	Autossecativa	Shell
Salário Anual	14040,00 €	14040,00 €	14040,00 €	14040,00 €
Prémios	-	-	-	-
Segurança Social	4204,20 €	4204,20 €	4204,20 €	4204,20 €
Subsídio de Alimentação	1544,40 €	1544,40 €	1544,40 €	1544,40 €
Seguro Acidentes de Trabalho	3525,60 €	3525,60 €	3525,60 €	3525,60 €

Com a informação dos custos relacionados com a mão de obra direta de cada posto, torna-se necessário saber qual o custo por hora de cada posto. Assim, usando como referência o trabalho a um turno de oito horas, o custo por hora dos três primeiros processos é de 12,84 €*. Indo buscar o exemplo utilizado nas caixas de macho, onde o processo em areia autossecativa se revelava mais barato tendo em conta apenas o custo de caixa de macho, ao colocarmos o custo de MOD e sabendo que o ciclo de produção dura 30 minutos, o custo de macho final será de 6,42 €* + 0,39 €* que totaliza um custo por macho de 6,81 €*. Enquanto que, na disparadora, onde o custo de caixa de macho para cada macho era de 0,86 €, tendo um ciclo de produção total de 3 minutos mais um setup inicial de 30 minutos para uma série por setup de 100 machos, o custo total de macho fixa-se em 1,57 €, cerca de 5 €* mais barato. Ou seja, se este macho estivesse a ser produzido em areia autossecativa, uma mudança para a disparadora iria levar a uma poupança de 5 €* por macho e, numa série de 2000 machos a uma poupança de 10.000 €*. Contudo, se a produtividade de um posto for inferior ao esperado os custos podem ser diferentes. Esse é um outro ponto que foi estudado e se irá falar aquando da explicação da ferramenta de custeio.

3.5.3 Custos Indiretos

3.5.3.1 Armazenamento

Quando se fala de custos indiretos, está-se a referir aos custos de atividades que fazem parte do ciclo produtivo dos machos, mas não estão diretamente envolvidos na sua produção. Falamos então no armazenamento, supervisão, energia elétrica, transporte e manutenção.

Tal como foi descrito anteriormente, proveniente das observações realizadas, foi necessário a implementação de um custo de armazenamento devido ao custo que existiria de perda de oportunidade de fabrico ao não se poder produzir por causa do armazém se encontrar cheio. A forma então utilizada para chegar ao custo de perda de oportunidade foi a seguinte:

Equação 13 - Custo de armazenamento

$$\text{Armazenamento} = \text{horas}_{\text{envolvimento}} \times \left(\frac{\text{Taxa}}{\text{Hora}_{\text{Eng}}} + \frac{\text{Taxa}}{\text{Hora}_{\text{Sup}}} + \frac{\text{MOD}}{\text{Hora}_{\text{Colaborador}}} \right)$$

Este valor de armazenamento, foi estimado pelo Engenheiro de Produção e Diretor Técnico, uma vez que, para obter estes valores com precisão, seria necessária uma observação ao longo de um maior período. O seu valor foi estimado em valor anual. De seguida, realizou-se um afetação do mesmo pelos diferentes postos. A tabela de afetação foi a seguinte (Tabela 11):

*Tabela 11 - Afetação dos custos de armazenamento**

Sílicato de Sódio / CO₂ Manual	30%
Disparadoras Ecolotec	25%
Autossecativa	40%
Shell	5%

As percentagens relativas a cada processo têm em conta três variáveis:

- Tempo até uso em moldação;
- Tamanho dos machos;
- Número dos machos produzidos.

Com estas variáveis consegue-se estimar as atribuições de custo de armazenamento a cada um. Como o direcionador de custo de armazenamento é o número de horas, a variável com maior importância será o tempo até uso em

moldação. Assim sendo visto que, para atingir este critério, seria necessário obter valores para as variáveis descritas anteriormente, difíceis de quantificar devido ao grande número de referências produzidas, decidiu-se recorrer à experiência do Engenheiro de Produção e dos colaboradores que, tendo em conta apenas a componente de maior peso para o custo de armazenamento, conseguiram segmentar os custos, tal como se encontram na Tabela 11. Estimando-se então, um custo anual de 2,500 €* de armazenamento os custos imputados a cada processo estão representados na Tabela 12.

*Tabela 12 - Total de custos de armazenamento dos diferentes processos**

Custos Anuais de Armazenamento*	
Sílicato de Sódio / CO₂ Manual	750 €
Disparadoras Ecolotec	625 €
Autossecativa	1.000 €
Shell	125 €

Como é possível observar, o maior custo de armazenamento encontra-se no processo de areia autossecativa, tal como já era expectável. Após se obter estes valores será necessário atribuir a cada macho a sua parte. Para isso, estes custos, serão convertidos em custos por minuto e cada macho irá absorver o seu custo, consoante o tempo de produção que possui.

3.5.3.2 Supervisão

Relativamente à macharia, esta possuía uma pessoa encarregue de supervisionar o trabalho e verificar a integridade dos machos, contudo, não era a sua única função, visto que procedia também à pintura dos mesmos, entre outras funções. Considerou-se então que o custo de supervisão proviria do salário anual desse colaborador. Posto isto, foi necessário saber quanto tempo era dedicado a supervisão e fixou-se o valor em 50%. Assim, apenas metade do salário seria considerado para o custo da supervisão. Após se obter o custo total da supervisão anual, foi então necessário estabelecer uma alocação pelos diferentes postos, tendo sempre como base o número de horas despendido em cada posto como direcionador de custo. Chegou-se, então, a uma alocação, representada na Tabela 13. Com a alocação dos custos feita é possível, deste modo, saber o custo atribuído a cada posto, este custo está representado na mesma tabela.

Tabela 13 - Custos de supervisão e respetiva alocação pelos diferentes postos*

Processo	Alocação	Custo
Manual	30 %	4080 €
Disparadora	50 %	6800 €
Autossecativa	5 %	680 €
Shell	15 %	2040 €

Tendo agora os valores de supervisão de cada posto é necessário fazer a sua alocação ao custo do macho, esta alocação será direcionada pelo tempo de produção total. Exemplificando, o macho anteriormente referido como exemplo, em Autossecativa demora 30 minutos a ser produzido, logo, o seu custo de supervisão será o custo por minuto do posto a multiplicar por 30 minutos. Seguindo as fórmulas já mencionadas, o custo por minuto fica por 0,17 €*. De realçar que, na fórmula dos custos indiretos, não entram os dias de férias do colaborador, pois quando ele não se encontra presente, outro colaborador assume as suas funções. No caso de o macho ser realizado na disparadora, com o ciclo de 3 minutos, então, o custo será, curiosamente, também de 0,17 €*.

3.5.3.3 Transporte, energia e manutenções

O mesmo raciocínio é aplicado a todos os outros custos indiretos. De seguida, apresenta-se os valores de alocação de custos e os valores para os restantes custos indiretos (Tabela 14,15 e 16).

Tabela 14 - Custos de transporte e respetiva alocação pelos diferentes postos*

Processo	Alocação	Custo
Manual	0 %	0 €
Disparadora	100 %	3200 €
Autossecativa	0 %	0 €
Shell	0 %	0 €

O transporte é apenas realizado na disparadora, tal deve-se ao facto de a maioria da produção ser direcionada para outra unidade industrial. Torna-se vantajoso este valor, pois é possível ver qual a diferença de custo em ter a disparadora nesta unidade ou na outra. Sendo que na unidade industrial, para onde a produção segue, não apresenta espaço suficiente para ter a disparadora lá. No caso

de se realizar obras para adquirir esse espaço, consegue-se medir o retorno do investimento tendo em conta este custo.

Tabela 15 - Custos de energia elétrica e respetiva alocação pelos diferentes postos

Processo	Alocação	Custo
Manual	10 %	480 €
Disparadora	40 %	1920 €
Autossecativa	15 %	720 €
Shell	35 %	1680 €

No custo indireto da energia elétrica está incluída toda a iluminação, consumos das máquinas e ventilação.

Tabela 16 - Custos de manutenção e respetiva alocação pelos diferentes postos

Processo	Alocação	Custo
Manual	0 %	0 €
Disparadora	90 %	2880 €
Autossecativa	0 %	0 €
Shell	10 %	320 €

Os custos de manutenção encontram-se essencialmente nos processos semiautomáticos, representando um custo diferenciador a ter em conta na passagem do modo manual para o automático.

3.5.4 Custo por minuto

Como pudemos observar, a grande maioria dos valores encontra-se em valor anual, diário ou em horas. Porém, os ciclos de produção são relativos a minutos e, como tal, procedeu-se a utilizar uma única base de cálculo que teria como unidade “minutos”. Assim sendo, de forma a converter o valor anual em minutos foi necessário saber os dias de laboração existentes e os dias de férias por cada trabalhador. Os dias de férias foram considerados para que o custo desses dias fosse atribuído às alturas de produção e imputado aos machos. Assim, a fórmula de conversão dos valores foi a seguinte:

Equação 14 - Conversão de custo anual em custo por dia

$$\text{Custo por Dia} = \frac{\text{Custo Anual}}{\text{Dias de Laboração} - \text{Dias de Férias}}$$

Equação 15 - Conversão de custo dia em custo por hora

$$\text{Custo por Hora} = \frac{\text{Custo por Dia}}{\text{Turnos} \times \text{Horas}_{\text{Turno}}}$$

Equação 16 - Conversão de custo hora em custo por minuto

$$\text{Custo por Minuto} = \frac{\text{Custo por Hora}}{60 \text{ minutos}}$$

Relativamente agora ao *Overhead*, este diz respeito a todos os custos que se apresentam como suporte e não estão envolvidos na produção. É então um *Overhead* não industrial. Durante o período da dissertação não foi possível aprofundar esta componente. Foi então dada pela administração um valor a ser usado, para efeitos de testes e construção da ferramenta de orçamentação, de 0,50 €/h*. Recolha de tempos de ciclos de produção

Tendo cada parcela de custo bem estudada e as fórmulas desenvolvidas, partiu-se para casos práticos de estudo. Neste subcapítulo ir-se-á analisar os ciclos produtivos de alguns machos que se encontravam em produção, assim como aferir as condições de produção de modo a, posteriormente, se possuir o tempo real de produção de forma a custear o macho de forma precisa. O estudo dos tempos foi realizado recorrendo a um cronómetro que permitiu medir cada etapa, definida anteriormente, do seu ciclo de produção.

Iniciando pelo processo shell, foram estudados 2 machos que estiveram em produção durante o estudo. Os machos têm as seguintes referências e características:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Ref: Macho A <ul style="list-style-type: none"> ○ Peso: 0,2Kg ○ Machos por Caixa de Macho: 3 ○ Série: Contínua ○ Refugo durante estudo: 0 | <ul style="list-style-type: none"> • Ref: Macho B <ul style="list-style-type: none"> ○ Peso: 0,074Kg ○ Machos por Caixa de Macho: 1 ○ Série: 1438 ○ Refugo durante estudo: 17 |
|--|---|

O macho de referência A apresentou um tempo total médio de produção de 50 segundos, contando com um desvio padrão de 11 segundos. O melhor tempo executado foi de 39 segundos e o pior tempo foi de 1 minuto e 27 segundos, tendo um setup inicial de 40 minutos.

Analisando os gráficos presentes na Figura 10 e 11, pode-se perceber que a maior variação se encontra no tempo de uso do gás natural. É devido a esta observação que o tempo de gás não foi utilizado como critério de atribuição de custo do gás natural ao macho, mas sim, o total consumido a dividir por número de machos produzidos no dia. Deste modo, consegue-se obter uma melhor estimativa. Neste caso em específico, as variações no tempo de remoção devem-se única e exclusivamente, ao facto de se ter realizado a implementação do contador de gás nas tubagens, levando ao corte do gás e arrefecimento da caixa de macho. Com a caixa mais fria, a remoção dos machos foi mais difícil durante alguns ciclos, após novo aquecimento. De realçar que o ponto que atinge 46 segundos no tempo de remoção de macho deve-se à necessidade de ir buscar areia para o novo ciclo, antes de se remover os machos.

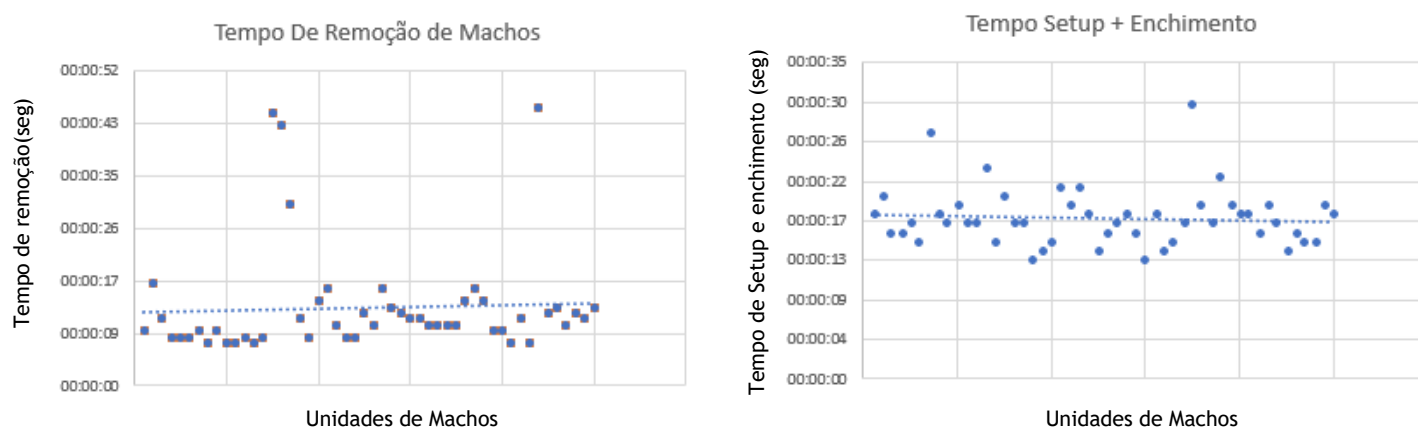


Figura 12 - Tempos de remoção de machos (esquerda) e tempo de setup + enchimento (direita) da referência A

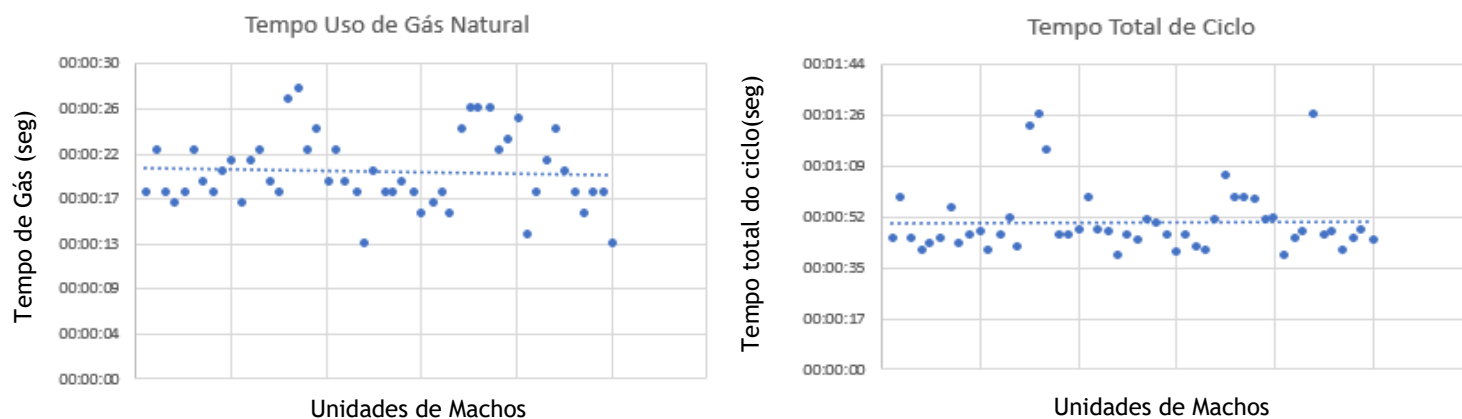


Figura 13 - Tempos de uso de gás natural (esquerda) e tempo total de ciclo (direita) da referência A

No que toca ao macho B este apresenta-se com um tempo médio de ciclo de produção de 39 segundos e um desvio padrão de 12 segundos. O melhor tempo corresponde a 23 segundos e o pior tempo a 1 minuto e 35 segundos.

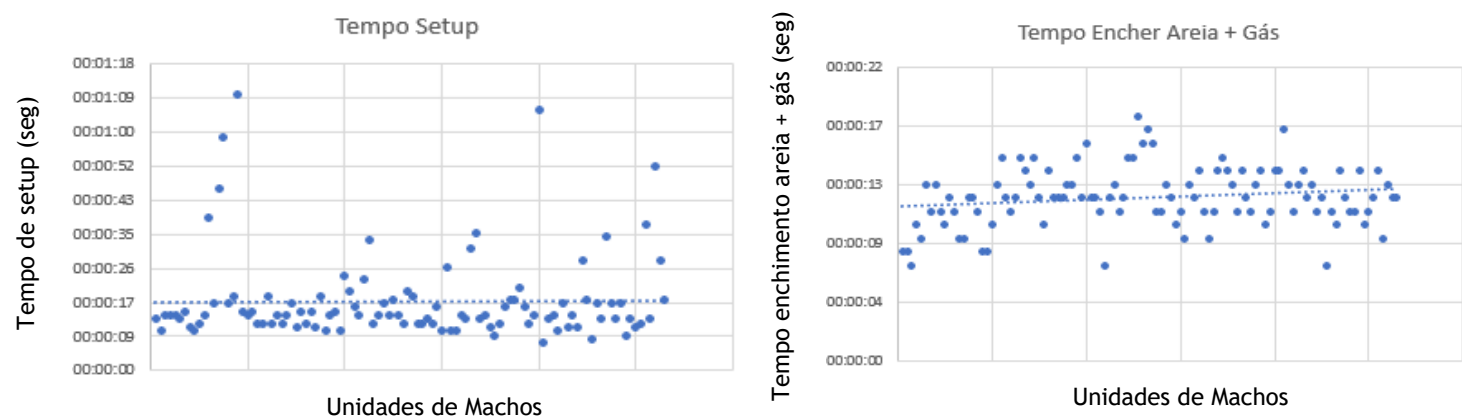


Figura 14 - Tempos de setup (esquerda) e enchimento de areia + gás natural (direita) da referência B

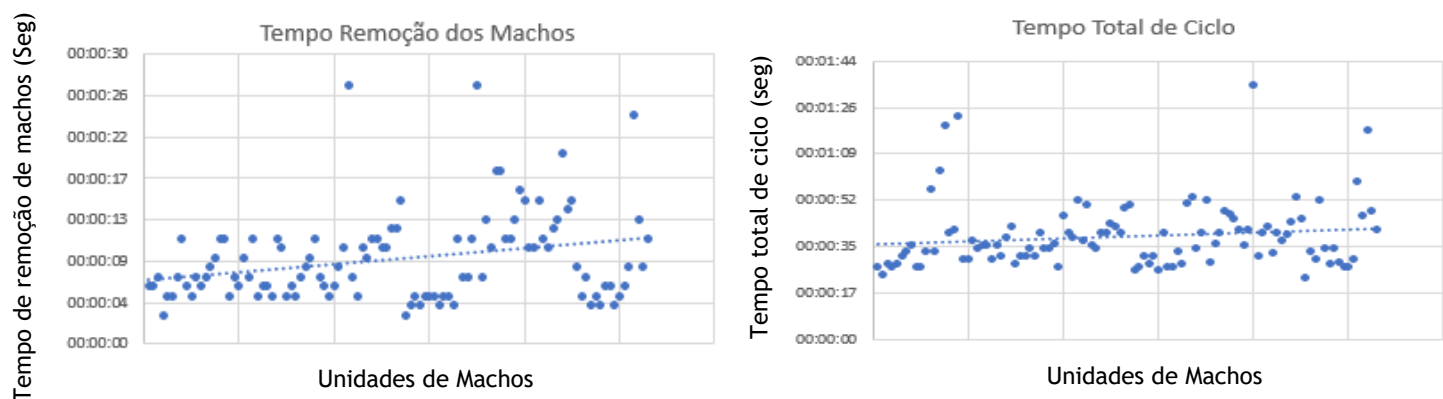


Figura 15 - Tempos de remoção de machos (esquerda) e tempo total de ciclo (direita) da referência B

Nestes machos, o tempo de gás era reduzido, o que levou a que se medisse o mesmo juntamente com o enchimento de areia. Pode-se observar que o tempo de remoção de machos apresenta significativa variabilidade. Tal deve-se a dois fatores, nomeadamente o facto da caixa de macho encontrar-se mal desenhada, pois arrefece com significativa facilidade o que leva a um refugio superior assim como a que o macho fique preso na caixa. Isto leva ao segundo fator que consiste no aumento da fadiga do colaborador. O colaborador que realizou este ciclo não estava no seu posto habitual e notou-se uma fadiga relacionada com o calor que se ia agravando ao longo do tempo. A juntar a isto, o facto de os machos não serem produzidos bem à primeira, ficarem repetidamente presos na caixa de macho, ou até mesmo a partirem levou a que uma certa frustração se evidenciasse. Resultando num maior número de pausas e maior número de erros. A variabilidade no tempo de Setup e de remoção de machos estão relacionadas uma vez que o colaborador não resolvia os problemas sempre na mesma fase do ciclo. De realçar que, esta caixa de macho, numa série por setup de 110 machos, apresentou 1 hora e 11 minutos de aquecimento, por forma a diminuir os problemas evidenciados no setup e remoção.

Passando ao processo de Sílicato de Sódio em modo manual, foi testada a contagem em três postos diferentes com um mínimo de dois machos. O objetivo consistia em perceber que variações se poderia encontrar entre cada posto. No entanto, nenhuma conclusão nesse tópico foi retirada, uma vez que os machos fabricados em cada posto eram de tal maneira diferentes em termos de complexidade e tamanho que invalidavam qualquer tipo de comparações. Demonstra-se, de seguida, os machos em que se conseguiu retirar um maior número de dados e que se obtiveram os resultados mais relevantes.

Começando pelo macho de referência C:

- Peso: 5,6Kg
- Machos por Caixa de Macho: 1
- Série: 188 (Diária)

- Refugo durante estudo: 0

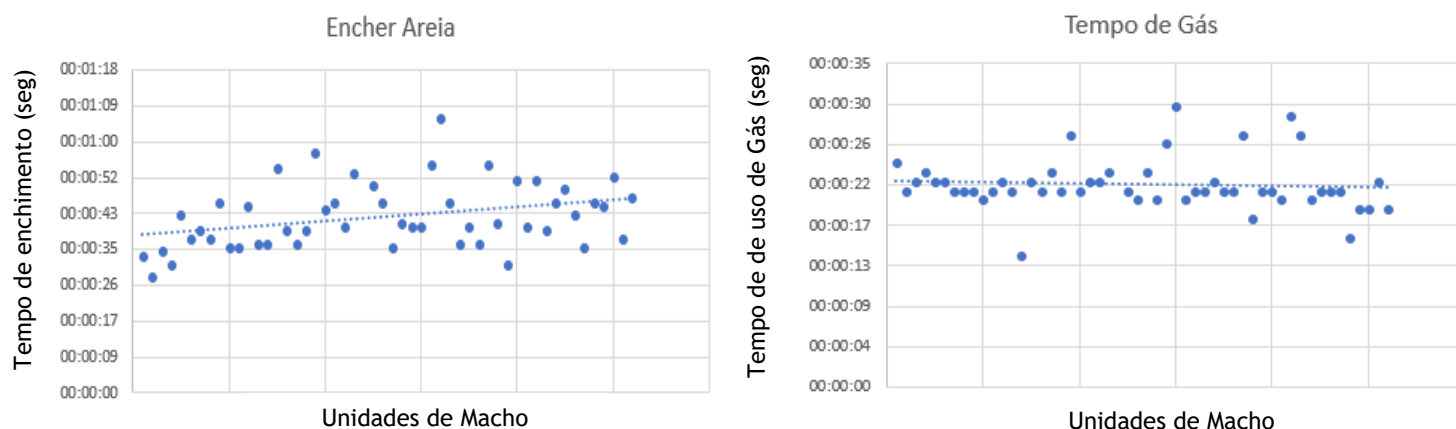


Figura 16 - Tempos de enchimento de areia (esquerda) e gás CO_2 (direita) da referência C

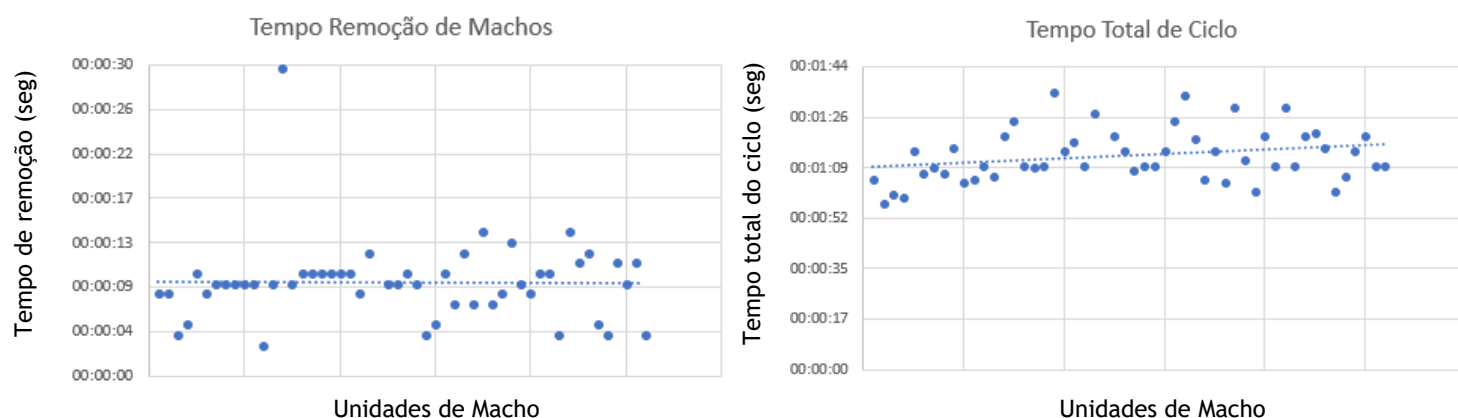


Figura 17 - Tempos de remoção de machos (esquerda) e tempo total de ciclo (direita) da referência C

Este macho possuiu então um tempo médio de ciclo de produção de 1 minuto e 13 segundos, apresentando um desvio padrão de 9 segundos. O melhor tempo foi de 57 segundos, enquanto que o pior tempo foi de 1 minuto e 35 segundos. O macho não possuía tempo de Setup, devido às características da caixa de macho.

No que toca a este macho, o tempo de gás é controlado por um dispositivo que injeta o gás necessário, explicando assim a sua precisão. Todavia, durante este tempo, por vezes, o colaborador permanecia mais tempo com a ventosa encostada à caixa de macho (embora não injetasse gás). Tal devia-se a situações externas que retiravam o seu foco. O tempo de encher areia é o que apresenta uma clara variação, coincidindo, os tempos inferiores, após pequenas pausas. No entanto, é evidente que

ao longo do dia, a tendência é para que esta flutuação aumente a média de execução dos tempos totais de ciclo.

De seguida, demonstram-se as características e os resultados do macho de referência D:

- Peso: 0,150Kg
- Machos por Caixa de Macho: 1
- Série: 184 (Diária)
- Refugo durante estudo: 0

O macho de referência D apresentou um tempo médio de 55 segundos, apresentando um desvio padrão de 14 segundos. O seu melhor tempo foi de 40 segundos e o pior de 2 minutos e 3 segundos.

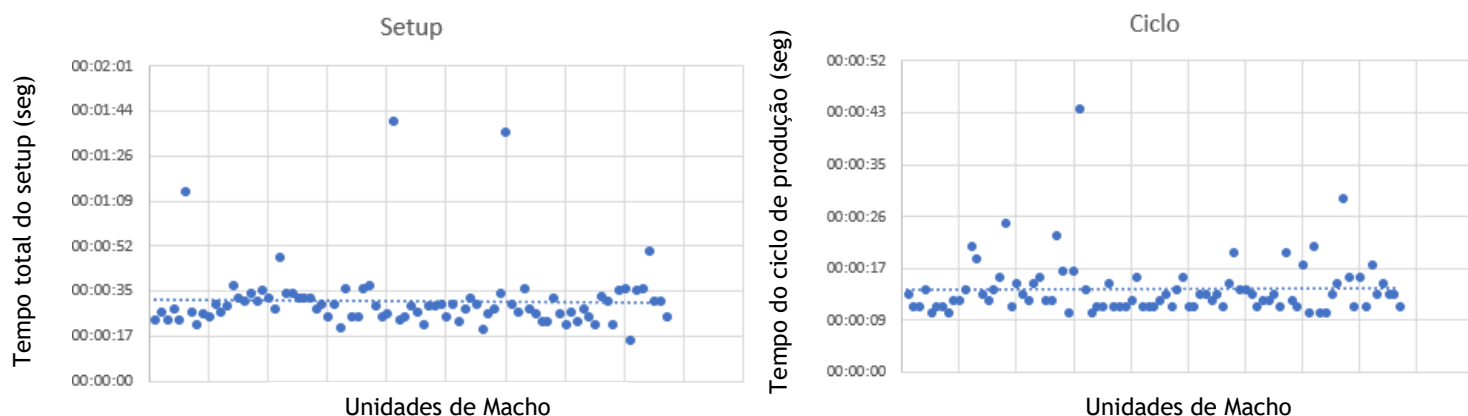


Figura 18 - Tempos de setup (esquerda) e tempo de gás (direita) da referência D

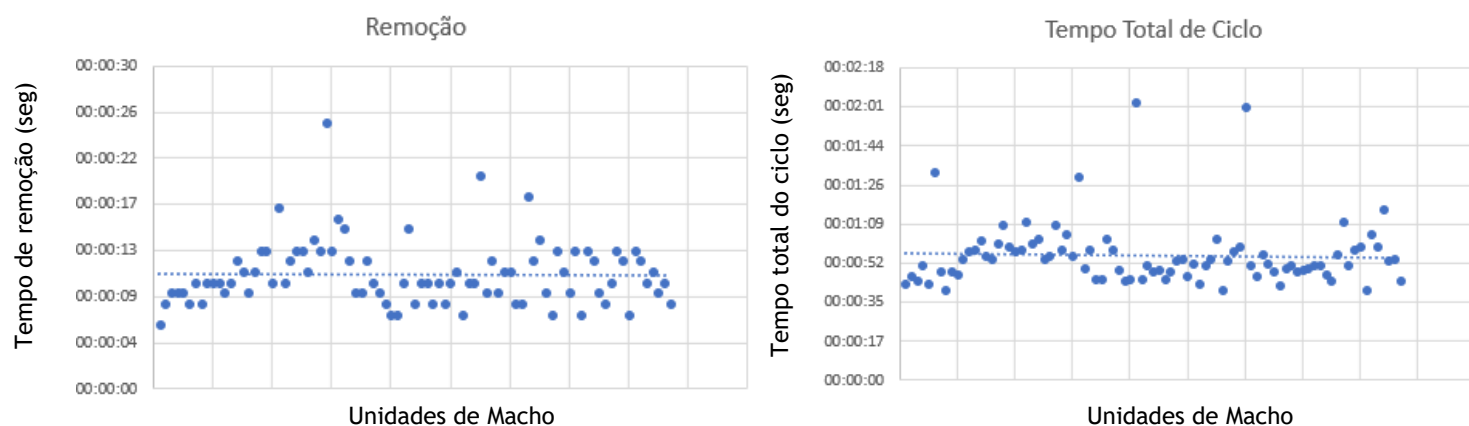


Figura 19 - Tempos de remoção (esquerda) e tempo total de ciclo (direita) da referência D

É possível observar que, embora o trabalho seja realizado de forma manual, é bastante preciso e constante. Denota-se, contudo, uma ligeira variação em que os tempos inferiores correspondem a momentos após pequenas pausas. As variações mais drásticas aqui evidentes, são devido ao estado em que a caixa de macho se encontrava, que dificultava o trabalho. No tempo de ciclo, corresponde ao tempo de ir buscar mais areia.

Os outros machos observados nestes postos não atingiram um número de observações significativas para se reconhecer alguma conclusão. Não obstante, os seus custos serão analisados, posteriormente no documento.

Relativamente ao processo de Sílicato de Sódio/CO₂, em modo automático, numa das disparadoras apenas se conseguiu obter dados significativos num dos machos ensaiados, os restantes irão ser usados, apenas, para efeito de custeio.

Estudou-se então o macho de referência E, que se caracteriza pelos seguintes pontos:

- Peso: 3Kg
- Machos por Caixa de Macho: 1
- Série: 34 (Diária)
- Refugo durante estudo: 5
- Setup Inicial: 18min.

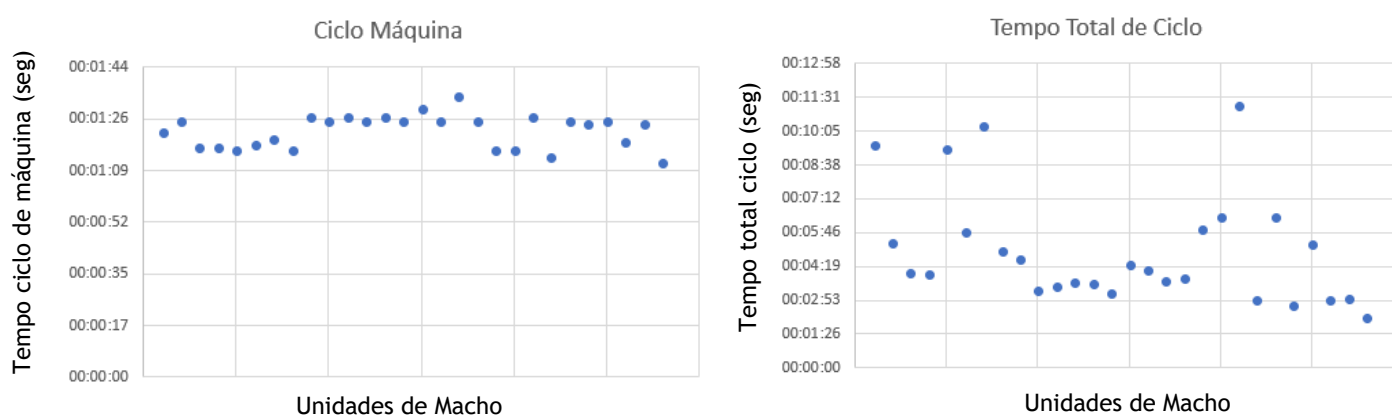


Figura 20 - Tempos de ciclo de máquina (esquerda) e tempo total de ciclo (direita) da referência E

O macho apresentou-se com uma média de tempo de ciclo de 5 minutos e 1 segundo, apresentando um desvio padrão de 2 minutos e 24 segundos. O melhor tempo de produção foi de 2 minutos e 8 segundos, enquanto que, o pior tempo foi de 11 minutos e 10 segundos. Esta variação de valores era esperada. A razão desta

variabilidade deveu-se ao facto do colaborador se encontrar em fase de treino na empresa. O mesmo macho foi executado, com três ciclos, por um trabalhador experiente, com um máximo de ciclo de produção de 2 minutos e 43 segundos. Apresenta-se então, de seguida, apenas dois gráficos devido às razões atrás explicitadas, o de tempo de ciclo de máquina e o de tempo total de ciclo. Nos gráficos é possível ter a perceção da diferença de precisão entre o ciclo realizado pela máquina e o ciclo final, com a influência dos tempos do trabalhador.

Seguindo para a segunda disparadora, que executa machos de menor dimensão, foram analisados dois machos com as seguintes características:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Referência: F <ul style="list-style-type: none"> ○ Peso: 1,8Kg ○ Machos por Caixa de Macho: 1 ○ Série: 320 (Diária) ○ Refugo durante estudo: 5 ○ Setup inicial: 12min | <ul style="list-style-type: none"> • Referência: G <ul style="list-style-type: none"> ○ Peso: 1,95Kg ○ Machos por Caixa de Macho: 1 ○ Série: 53 (Diária) ○ Refugo durante estudo: 0 ○ Setup inicial: 5min |
|---|--|

Nestes dois machos foi possível evidenciar, através das figuras 21 e 22, uma clara distinção de variabilidade de resultados entre as ações manuais e as realizadas pela máquina.

O primeiro macho apresenta uma média de 1 minuto e 2 segundos, apresentando um desvio padrão de 17 segundos. O melhor tempo foi de 47 segundos, sendo que o pior tempo foi de 2 minutos e 40 segundos.

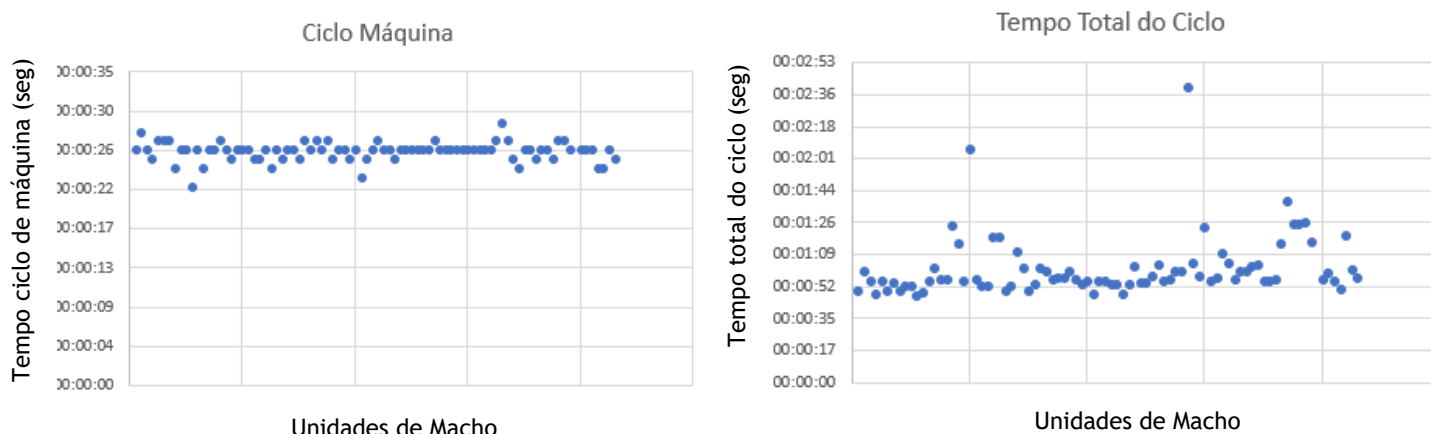


Figura 21 - Tempos de ciclo de máquina (esquerda) e tempo total de ciclo (direita) da referência F

Observando os gráficos, torna-se necessário salientar que os dois maiores tempos medidos correspondem a momentos em que foi necessário ir buscar mais areia. Estes tempos foram contados para se ter uma visão o mais realista possível da dinâmica de trabalho, de forma a se traduzir numa melhor ferramenta de custeio. De resto, as variações provêm todas das diferenças de tempos durante o setup e remoção do macho. A razão para esta inconstância apenas depende do ritmo de trabalho do operador que foi oscilando. Todavia, os picos de tempos totais de ciclo, excluindo ir buscar areia, coincidem com os momentos que antecedem as pausas no trabalho.

O segundo macho, apresenta uma média de 1 minuto e 10 segundos, com valores de desvio padrão de 30 segundos. O melhor tempo foi de 46 segundos, enquanto que, o pior tempo foi de 3 minutos e 37 segundos.

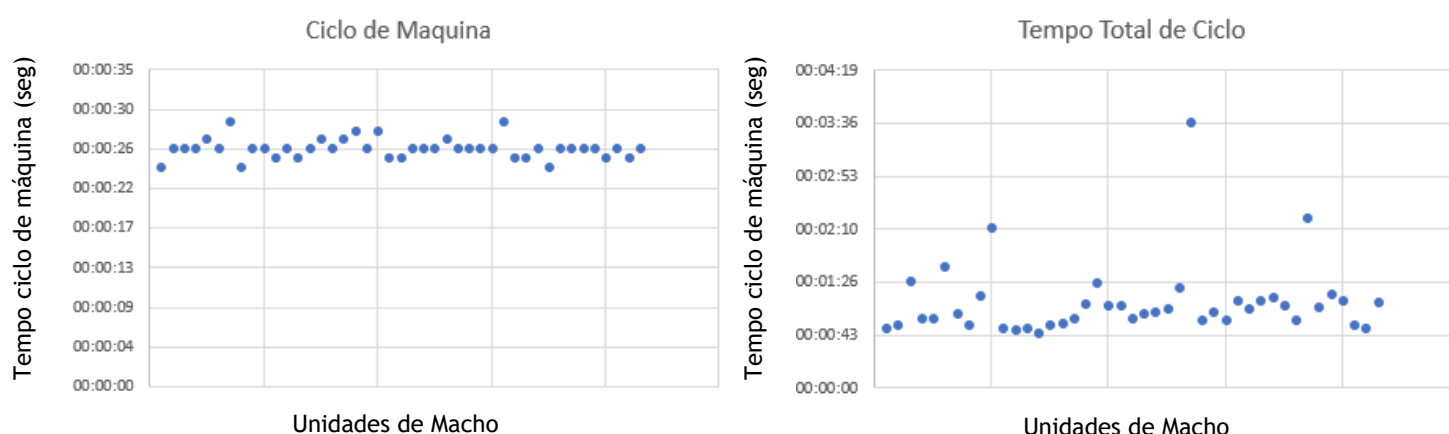


Figura 22 - Tempos de ciclo de máquina (esquerda) e tempo total de ciclo (direita) da referência G

Tal como evidenciado no macho anterior, as explicações para este macho serão as mesmas, visto que, se trata do mesmo colaborador e os resultados correspondem às observações efetuadas.

Por último, seguiu-se a medição dos tempos de ciclos dos machos produzidos em areia autossecativa. Neste processo, não foi possível tecer nenhuma conclusão acerca da variação da produção. O máximo de medições realizadas correspondeu a 15. Após o 4º macho houve uma mudança no catalisador para um mais lento devido a circunstâncias de produção. No entanto, no decorrer das medições foi possível realizar uma modificação no ciclo de trabalho que se mostrou positiva na redução do tempo. O trabalho consistia em fazer 5 machos, duas das referências possuíam duas caixas de macho em simultâneo, e realizava-se o ciclo para cada um individualmente

e após se iniciar a secagem, passava-se para outra caixa. A mudança aqui executada foi realizar as etapas de setup todas seguidas e posteriormente, encher de areia todas as caixas. Assim, em média, a redução do tempo de ciclo, por referência, foi aproximadamente, 2 minutos. Traduzindo-se numa poupança, aproximada, de 5 minutos pelo ciclo completo das 5 caixas. O que se traduz em que, a cada 4 ciclos, se consegue produzir mais 5 machos. Enquanto se dava a secagem, o colaborador, possuía uns minutos de descanso. Tal, permitia uma execução mais fluída do trabalho e, consequentemente, menor variação. Porém, por forma a se validar tal conclusão, será necessário um estudo mais aprofundado.

3.6 Desenvolvimento de uma ferramenta de orçamentação

Tendo todos os dados e análises de ciclos produtivos concluídas, procedeu-se à construção de uma ferramenta de orçamentação. Esta, foi desenvolvida em Excel uma vez que é considerado o método mais barato e simples para desenvolver uma ferramenta deste género, especialmente numa fase tão inicial. Neste capítulo será descrito o funcionamento da ferramenta, explicado o design e algumas fórmulas, ainda não descritas neste documento.

Atualmente, a última versão do Excel encontra-se em fase de testes na empresa. As versões anteriores pecavam por defeitos no design e é possível observá-las no Anexo 4,5 e 6. Na elaboração de ferramentas que servem de apoio à decisão, estas necessitam de ser as mais simples e intuitivas possíveis. Todavia, tal tarefa torna-se difícil aquando da construção de uma ferramenta de custeio, sem qualquer base de suporte para o seu desenvolvimento. Assim, é possível consultar as diferentes versões do design da ferramenta, em anexos.

O Excel encontra-se dividido em 9 separadores, sendo eles:

- Caracterização dos Processos (Anexo 1 e 2);
- Orçamentação (Anexo 7);
- Comparação de Custo de Processos (Anexo 8);
- Controlo de Custo (Anexo 9);
- Database de Orçamentos;
- Caixas de Macho (Anexo 10);
- Compras (Anexo 11);
- MOD + Overhead (Anexo 12);
- Custos Indiretos Processos (Anexo 13).

A construção da ferramenta de orçamentação foi baseada na premissa de que qualquer pessoa, sem conhecimento aprofundado no fabrico de machos, pode realizar um orçamento. Deste modo, o trabalho de pesquisa, pelo qual se iniciou esta dissertação, foi incluído no Excel. É, então, no separador “Caraterização dos Processos” que está presente uma explicação exaustiva dos parâmetros de produção e limitações dos diferentes processos existentes e possíveis alternativos a adotar no futuro.

No separador “Guião de utilização”, estão desenhados os diferentes passos que o utilizador deve seguir, de forma a criar um orçamento de machos.

Chegando ao separador “Orçamentação”, encontramos uma página com um design vertical e intuitivo. O desenvolvimento desta página era o objetivo da tese e, agora, será esclarecido o seu funcionamento.

A partir desta página, o Excel segue um código de cores apropriado:

- Cor de laranja - Células onde é necessário a tomada de uma decisão;
- Azul - Células onde é necessária a introdução de dados;
- Cinzento - Células onde existem fórmulas e não é possível alterar.

Na primeira parte da Orçamentação tem-se o registo informativo, ou seja, dados do cliente, referência do macho e a data de orçamentação, que apresenta um *input* automático.

Segue-se a tomada de decisão de qual o processo a ser utilizado para o fabrico do macho em questão e, através de uma lista, é possível escolher o processo. Ao ser escolhido, por exemplo, “Autossecativa”, a folha do Excel irá adaptar as fórmulas ao processo aqui escolhido. Tal é feito graças a uma programação binária existente nas fórmulas de MOD, MP, indiretos e *Overhead* em que todas as possíveis combinações de processos se encontram na equação, sendo que, no fim de cada processo, multiplica por uma célula. Esta pode obter o valor de 0 ou 1, estando dependente da escolha do processo. Na mesma tabela, é necessária a tomada de decisão quanto à série que será efetuada e qual a série por setup prevista. A série irá impactar a amortização do custo da caixa de macho, enquanto que, a série por setup irá contribuir para um maior ou menor custo de Setup inicial de caixa de macho, que se verifica, apenas, nas disparadoras ou nos postos de Shell. É, de igual modo, necessária a decisão de quantos machos irá ter de se produzir em cada caixa. Se uma

caixa produzir, por exemplo, 3 machos, então, o custo do tempo de ciclo de fabrico será a dividir por 3.

Seguindo para os pormenores do processo e do macho, é possível deparar-se com múltiplos dados necessários. É então necessário incluir o peso do macho, as quantidades de endurecedor e ligante que se estão a usar nos diferentes processos no momento. No custo da MP, a quantidade de endurecedor, ou ligante, irá multiplicar pelo peso de macho e de seguida pelo custo. Será também necessário escolher o coeficiente geométrico do macho. O coeficiente baseia-se na categorização do macho como simples, forma intermédia ou forma complexa. Cada categoria tem um coeficiente associado, tal como explanado na pintura de machos. De seguida, segue-se a previsão do tempo de produção dos machos. Tal pode ser extrapolado por histórico e pelos ensaios de tempos de ciclo estudados, que funcionam como auxílio à realização desta previsão (o mesmo acontece no que toca ao Setup inicial). Todos os valores temporais existentes na Orçamentação serão em minutos. No entanto, existe na folha um conversor de segundos em minutos, no caso de já se possuir informação mais precisa do tempo de produção. Desenvolveu-se, de igual modo, a possibilidade de colocar percentagens relativas de uso de cada areia, para quando é usada mais que uma areia no mesmo macho, tornando, deste modo, o custo de areia também mais preciso. Depois, dá-se a seleção da tinta utilizada, também recorrendo a uma programação binária, sendo que, 1 significa que será usada e 0, que não. Nesta mesma tabela, é possível verificar, nos processos em que é utilizado, o custo de CO₂. Este é um custo fixo, tal como explicado anteriormente. Não obstante, pode a vir ser melhorado no futuro.

Terminada a secção de macharia, houve a necessidade de desenvolver um estudo sobre a carpintaria. Aqui, existem duas alternativas. A primeira consiste na existência de uma caixa de macho que, após nova encomenda, requer uma modificação ou reparação. Então, é colocado os dados da caixa de macho quanto a horas de trabalho que serão necessárias, a taxa/hora da carpintaria e os materiais que serão utilizados nesse trabalho. A segunda hipótese recai na construção de uma caixa nova. Neste caso, se for para uma disparadora, é necessário escolher o nível de complexidade de projeto de disparadora que consiste nos seguintes níveis:

- Caixa simples;
- Caixa com extratores;

- Caixa complexa com sistema de extração próprio.

Cada nível possui os seus custos detalhados e previamente inseridos no separador “Caixa de Macho” e a transferência do custo para a MP é automática dependendo do escolhido neste campo. Será também fundamental escolher o tamanho de caixa. Neste campo, o processo é semelhante dividindo-se apenas em caixa pequena, normal ou grande. Para as caixas que não são para as disparadoras apenas é necessário escolher o tamanho de caixa. No caso de haver engano, existe uma segurança, na programação, que impede que o custo de projeto da disparadora entre na MP, quando o processo selecionado é outro.

Abaixo desta tabela foi desenvolvida outra que acrescenta o custo de encastráveis por macho. Inicialmente, a referência e o custo unitário eram colocados pelo orçamentista. Na versão finalizada, automatizou-se este ponto trabalhoso, visto que as referências e custos eram vários. Assim, o orçamentista apenas tem de selecionar, na lista pré-definida de referências, a referência apropriada e de seguida colocar a quantidade, o resto é realizado automaticamente, evitando-se, deste modo, a necessidade de ir procurar as referências de cada *incast* noutras páginas.

Visto que os dados do orçamento serão guardados, será necessário também colocar os respetivos valores quanto aos turnos, horas de turno, eficiência do processo, os dias de laboração (sem contar com os de férias que são contabilizados noutra folha) e ainda observações quanto à produção. Estes dados são carregados na página de “Comparação de Custo de Processos” e no “Controlo de Custo”.

Após se concluir o *Input* de todos os dados necessários, pode-se consultar os dados de custo de cada componente, o custo do macho e o custo da série, tal como demonstrado na figura 23. De seguida, explicita-se a obtenção dos dados finais de macharia:

- O custo da MOD é dado pela soma de todos os tempos associados à produção do macho, que são multiplicados pela taxa/minuto;
- O custo da MP é dado pela soma dos custos de todas as matérias primas utilizadas para produzir o macho;
- O custo dos indiretos é dado pela soma dos tempos utilizados na produção do macho multiplicada pela taxa/minuto de custos indiretos (presente na folha “Custos Indiretos do Processo”);

- A Taxa *Overhead* é definida pela administração e contempla todos os custos de suporte às atividades de produção de machos;
- O custo do macho é dado pela soma das componentes de MOD, MP, Indiretos e *Overhead*;
- O custo de série é dado pela multiplicação do custo do macho pela série encomendada.

Foi desenhado, também, um gráfico que permite, de uma forma mais visual, retirar conclusões da grandeza das componentes de custo e da sua variação, aquando da alteração do processo. Concluída a análise e a orçamentação clica-se no botão “Registar Orçamento no Controlo de Custos” e o orçamento é guardado, como se pode ver na Figura 23.

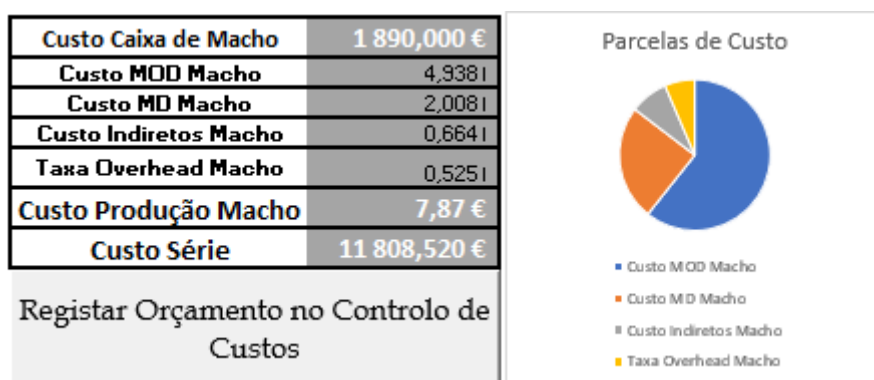


Figura 23 - Tabela final de orçamentação e gráfico de custos

Concluída a ferramenta de orçamentação foi necessário facilitar o trabalho do orçamentista e aprofundar o valor que esta ferramenta criava para a orçamentação e produção. Assim, desenvolveu-se uma folha de comparação de custos entre processos. Esta folha tem como função, com os dados introduzidos na folha de “Orçamentação”, fornecer os diferentes custos que aquele macho iria ter noutros processos. Os dados inseridos nesta tabela são relativos aos tempos de produção (que diferem de processo para processo), as eficiências dos postos em consideração, complexidades de projeto de caixa de macho (no caso das disparadoras), previsão se o macho será oco em Shell e se o mesmo é exequível. De notar que, visto ser uma tabela que auxilia a fazer a análise de possível mudança de processo, o custo de caixa de macho que entra é o de produzir uma nova. Todos os outros dados são apresentados de forma automática tendo por base a folha de “Orçamentação” e os novos dados aqui presentes. São então apresentados os custos do mesmo macho nos diferentes postos.

De seguida, existe uma tabela de escolha de processo (Anexo 8), onde entra o fator custo de série e tempo de produção. Esta tabela permite ao Diretor Técnico ou ao Engenheiro de Produção, atribuir um coeficiente de custo e perceber qual o processo mais adequado às condições atuais. Explicando com um exemplo, um macho que é feito atualmente em areia autosssecativa custa 6,25 €* e a produzir 1500 machos irá demorar 108 dias a terminar a encomenda. Sendo esta a situação atual, o engenheiro procura melhores alternativas no processo Shell, Sílicato de Sódio/CO₂ em modo manual e nas disparadoras e verifica que os seus custos são, respetivamente, 3,62 €*; 1,89 €* e 3,39 €. Se apenas o custo importasse, a decisão seria produzir o macho em Sílicato de Sódio/CO₂ nos postos manuais. No entanto, a empresa encontra-se numa altura de muitas encomendas e necessita de produzir estes machos mais rápido. Após analisar esta situação o engenheiro decide que o fator tempo possui um peso na sua decisão de cerca de 40 %. Assim, o engenheiro coloca o fator custo de 60 % e são calculadas as classificações de seleção, pela seguinte fórmula.

Equação 17 - Equação de escolha de processo

$$Classificação_{escolha} = F_{custo} * C_{série} + F_{tempo} * T_{produção_{série}}$$

Sendo elas, para os mesmos processos, 3,88; 4,66; e 4,28; respetivamente. O critério de menor valor apresenta a melhor escolha e, sendo assim, a escolha recairia para o processo Shell. Contudo, após se averiguar melhor na folha de “Caraterização de Processo”, é possível observar que o peso do macho em questão é superior ao limite máximo permitido na máquina de shell da empresa. Então, o processo shell passa a não ser possível e seleciona-se na tabela que o mesmo não é exequível. Com isto a produção em shell passa a ser penalizada sendo dado ao F_{tempo} o valor “Null, na equação. Com isto, o posto com a menor classificação torna-se os das disparadoras, sendo a escolha final por parte do engenheiro.

Tendo a parte de orçamentação a funcionar, e existindo um auxílio na escolha do processo, decidiu-se continuar a melhorar a ferramenta de orçamentação e responder a todas as necessidades da empresa. Assim sendo, depois de o orçamento estar concluído e iniciar-se a produção, surgiu a questão de quanto realmente custou produzir o macho em questão, assim como qual a variação face ao orçamentado.

Foi então criada uma folha de controlo de custo em produção. Nesta folha é possível, colocar a série média produzida diariamente, o tempo de setup inicial real, o tempo de produção real, refugo total e o valor acrescentado de cada macho. Com estes dados, que são cruzados com os gravados no orçamento, dá-se o cálculo da variação de custo face ao orçamentado, assim como o valor real do macho. São apresentados, também, outros valores que servem de indicadores para a produção, que poderão ser usados em melhoria contínua. No futuro, com milhares de dados de custo de produção e de orçamentação, recorrendo a *Data Mining*, será possível extrair a possível variação, por altura do ano ou por tipo de macho. Com isto no orçamento, ir-se-á saber com maior precisão o verdadeiro custo do macho e, nas alturas que ocorrer maior variação, como proceder a ações corretivas.

As restantes folhas existentes no Excel, servem de suporte às explicadas. Nestas é possível calcular de forma simples, qual o custo hora de um colaborador e do posto (Anexo 12), fazer a distribuição dos custos indiretos pelos diferentes postos e, anualmente, atualizar os dados de compras (Anexo 11), bem como os dados de custo de caixa de macho para cada categoria (Anexo 10).

4. Aplicação em Machos em Produção

Com a ferramenta de orçamentação desenvolvida, passou-se então ao estudo de custo de diferentes machos em produção. Os primeiros machos analisados permitiram realizar uma comparação da passagem do macho de um processo manual para um semiautomático. Dois deles eram produzidos em areia autossecativa e passaram para a disparadora e outro de sílicato de sódio/CO₂ em modo manual para shell. Todos os machos foram considerados como se necessitassem de caixas de macho novas.

O primeiro macho, de referência H, com 4,5 kg era feito em duas metades em Autossecativa e posteriormente colado. O tempo de produção rondava os 15 minutos para cada metade e apresentava então um custo, agora possível de calcular, de 18,01 €*. Com a sua passagem para uma disparadora, com uma complexidade de projeto de “Caixa com Extratores”, um tempo de produção de 2 minutos e um Setup inicial de 15 minutos, o seu custo passou a ser, para a mesma série, de 6,18 €*. Tal diferença equivale a uma poupança de 65,4 % por macho. Esta diferença leva a que, na série de 556 machos, exista uma poupança de 6577 €*.

Quando estudada a folha de comparação de custo de processos, é possível perceber que ficaria mais barato realizar em sílicato de sódio/CO₂, em duas metades, o que teria um custo de 4,26 €*. Todavia, com um fator de custo de 65 % a melhor escolha recai sobre a disparadora. De forma a finalizar a análise, sabendo que este macho já tinha chegado a ser subcontratado a um preço de 4 €*, é possível então perceber, que o fabrico deste macho, para esta série, seria mais vantajoso se fosse subcontratado. Apenas a partir de 1350 machos, é que o custo desceria para os 3,98 €*, tornando-se assim, mais vantajoso produzir dentro de fábrica.

O segundo macho, referência I, com dois machos por caixa, um peso de 4,383 kg e uma série de 3144 era realizado em areia autossecativa com uso de tinta de zircónia e um tempo de 20 minutos. O seu custo era de 4,94 €*. Consultando o custo nos outros processos com um fator custo de 80 % então, a escolha da melhor alternativa irá recair sobre a disparadora, tendo um tempo de produção de 2 minutos e um setup inicial de 15 minutos. Apresenta assim, um custo de 3,63 €* o que representa uma poupança na série de 8390 €*.

O terceiro macho de referência S, era um pequeno macho de 15 gr que era produzido em Sílicato de Sódio/CO₂ em modo manual, com um tempo médio de 1 minuto. Cada caixa fabricava 3 machos e a série encomendada é de 25994 machos. Este apresenta então um custo de 0,13 €*. Seguindo para a comparação de processos, comprovamos que, de facto, este processo é o mais económico, sendo o segundo, o shell, com um custo de 0,24 €*. No entanto, foi decisão da empresa colocar o macho a ser produzido em Shell com um tempo de ciclo de cerca de 30 segundos, numa caixa de macho que permite fabricar 6. Esta decisão, corresponde a colocar um fator de custo de 80 %, o que torna o Shell o processo com melhor classificação de escolha. Aqui, não há uma evidente redução de custo, no entanto, a nível de tempo, observamos uma redução de 32 dias no prazo de entrega da série total.

Terminando, assim, os estudos dos machos na qual a empresa alterou o processo, irão ser analisados agora, alguns machos que se encontravam em produção, e sugeridos possíveis alternativas. Seguindo o mesmo raciocínio aplicado aos três primeiros machos obteve-se então a seguinte tabela 17.

Tabela 17 - Orçamentação de machos em produção*

Ref:	Peso	Série	Caixa de Macho	MOD (€)	MP (€)	Indiretos (€)	Overhead (€)	Processo	Custo (€)
A	200 gr	700405	Pequena	0,08	0,31	0,01	0,00	Shell	0,40
B	74 gr	3827	Pequena	0,36	0,54	0,05	0,02	Shell	0,96
E	3 kg	7140	Normal	1,46	1,66	0,69	0,07	Disparadora	3,88
F	1,8 kg	39451	Pequena	0,27	0,87	0,13	0,01	Disparadora	1,29
G	1,8 kg	620	Pequena	0,34	2,59	0,16	0,02	Disparadora	3,10
J	500 gr	21114	Pequena	0,32	0,24	0,05	0,02	Manual	0,63
K	150 gr	21114	Pequena	0,26	0,11	0,04	0,01	Manual	0,43
L	4,45Kg	8524	Normal + 256 Incast	3,25	47,51	0,51	0,16	Manual	51,44
M	40 gr	8522	Pequena	0,16	0,11	0,03	0,01	Manual	0,30
N	300 gr	8588	Pequena + 26 Incast	0,43	4,86	0,07	0,02	Manual	5,39
O	20,5 kg	129	Grande	1,46	14,95	0,70	0,74	Disparadora	27,48
P	5,6 kg	1628	Normal	0,74	3,72	0,35	0,04	Disparadora	4,84
Q	5,6 kg	4976	Normal	5,00	3,26	0,32	0,25	Autossecativa	8,84
R	13,5 kg	256	Normal	5,27	10,68	0,34	0,27	Autossecativa	16,55

A grande maioria dos machos apresentados encontram-se a ser produzidos no processo ótimo. Todavia, existem melhorias na escolha de processo, tempos ou conceção das caixas que pode levar a significativas poupanças em alguns deles.

O macho B apresenta um custo elevado face ao seu peso. Isto deve-se aos sucessivos aquecimentos realizados à caixa de macho que totalizam 81 minutos, para a série diária de 120. Tal aquecimento, provocado por um design de caixa que leva a um escoamento de calor muito rápido, faz com que o custo de MOD seja substancialmente superior ao ideal. Com a produção a ser executada nestas condições, surge um processo alternativo mais vantajoso, a nível de tempo e custo.

Esse é o de sílicato de sódio/CO₂ manual. Neste processo, o macho acarretaria um custo de 0,50 €* e seria produzido em 8 dias, em vez dos 28 em shell. Visto que, durante a produção existiu refugo, o preço aqui orçamentado deixa de ser preciso. Assim, com o controlo de custo, podemos obter o custo real do macho que, com 8 machos de refugo e uma eficiência de 45 %, apresenta um custo de 1,46 €, isto assumindo também que cada macho cria um valor acrescentado de 5 % para a empresa.

No que toca ao macho P, realizado em disparadora. Este apresenta um custo que possui uma margem de otimização nos custos relacionados com o tempo de operação. Ao observar que o setup inicial é realizado em 30 minutos, se for otimizado para 15 minutos, como previsto pela produção, é possível realizar uma poupança de 144 €* na série e uma redução de 1 dia de produção. Além disto, tendo em conta o tamanho do macho, torna-se possível uma alteração na caixa de macho que permita acomodar dois machos na mesma caixa. Com esta alteração, a poupança atingiria os 7235 €* na série e uma redução 1 dia de produção. Durante a observação existiu um refugo de 2 machos, isto leva a que o custo real por macho atingisse os 5,23 €*.

Em relação ao macho E, este não se encontra otimizado em termos de tempo de produção. Embora o setup inicial não seja excessivo (18 minutos) o facto de demorar, em média, 5 minutos a ser produzido faz com que o custo da MOD suba e o torne mais caro. O que causava este tempo era o facto de o operador, em treino, necessitar de aplicar várias vezes, de forma meticulosa, um desmoldante que se encontrava noutra secção da fábrica, entre outros fatores relacionados com as operações de setup e remoção de macho. Este macho com uma alteração na caixa, por forma porá produzir dois simultaneamente, irá ajudar a reduzir os custos levando a uma poupança de 4724 €* por série e 4 dias em produção. Durante a produção, observou-se um refugo de 5 machos o que elevou o custo real do macho para 4,67 €*.

Analisando o macho O, é de salientar que o custo do mesmo é elevado devido à série encomendada ser pequena. Tal faz com que o custo da caixa de macho atribuído a cada macho seja alto. A juntar a este facto, sabendo que o macho pesa 20,5 kg faz com que o custo de CO₂ seja também elevado e ocupe a segunda grande porção de custos da MP. Tendo em conta as características deste macho, a alternativa seria a autossecativa. Todavia, tal mudança não compensa nem a nível económico,

nem a nível de tempo de produção. Este macho apresentou um refugo elevado, cinco machos, para o número de machos previstos no dia, elevando o custo do macho para um custo real de 32 €*.

No macho R, uma passagem da produção para a disparadora levaria a uma poupança de 751 €* na série e uma redução no tempo de produção em 9 dias. Assim, o custo do macho centrava-se nos 14 €*.

O macho L apresenta-se como macho mais caro, devendo-se à necessidade de possuir 256 *incast* que elevam o seu custo drasticamente. Não existe nenhum processo alternativo a este macho.

5. Conclusões

A presente dissertação visava a criação de um sistema de orçamentação para um processo de fabrico de machos. Foi desenvolvido um sistema de orçamentação, assim como um controlo de custo adaptado a todos os processos de fabrico de machos existentes nas unidades industriais. Foi, de igual modo, desenvolvido um método de apoio à decisão na escolha do processo mais adequado à encomenda em causa, tendo por base as variáveis de decisão existentes na empresa.

Com as ferramentas desenvolvidas foi possível concluir:

1. Nas operações manuais o custo de maior peso é o de mão de obra com exceção nos machos que incorporam *incast*;
2. Nas operações semiautomáticas o custo de maior peso é o de matéria prima;
3. A passagem dos machos, com referências, H e I, de areia autossecativa para a disparadora de machos, representou uma poupança significativa a nível monetário e de tempo de produção;
4. O macho de referência S, quando fabricado em shell, possui um custo superior ao processo Sílicato de Sódio/CO₂ manual. No entanto, o seu fabrico em Shell é aconselhado devido à redução em 32 dias, quando produzido numa caixa de macho que possibilita 6 machos em simultâneo;
5. O custo do macho de referência B é elevado devido ao desenho da caixa de macho. Uma melhoria na mesma ou passagem para Sílicato de Sódio / CO₂ iria trazer poupanças significativas;
6. O macho de referência P possui um tempo de setup inicial elevado levando a um aumento de custos. Conclui-se também que o uso de dois machos por caixa de macho seria benéfico;

7. Quanto ao macho de referência R, é possível concluir que teria um custo mais reduzido e um menor tempo de produção com uma passagem para a disparadora;
8. Um trabalhador inexperiente irá aumentar o custo derivado do tempo de setup inicial e de produção, devido à variabilidade estudada. A juntar a isto, o refugo é também superior o que irá aumentar a variação do valor orçamentado face ao valor real.

Por fim, é possível concluir que o sistema de apoio à escolha de processo auxilia a tomada de decisão com todas as diferentes variáveis envolvidas, nas situações em que existe mais do que um processo alternativo disponível.

6. Trabalho Futuro

O trabalho desta dissertação restringiu-se à macharia. Porém, a sua aplicação pode ser alargada no futuro a outras secções da fábrica.

A possibilidade de armazenar uma enorme quantidade de dados no Excel pode possibilitar, no futuro, a um tratamento de dados que permita retirar ilações preditivas acerca de quedas de produtividade e variação de custos na produção. A capacidade de fazer orçamentos, sabendo de antemão a variação que pode ter no futuro, irá trazer vantagens financeiras à empresa.

A empresa adquiriria múltiplas vantagens ao desenvolver sistemas digitais na produção, levando a um mais fácil controlo de custos e de produção. A integração dos mesmos com os softwares atuais, e futuros, existentes na fábrica minimizariam, deste modo, a necessidade de envolver quadros nestas tarefas, resultando em tempo acrescido para a realização de tarefas de maior valor acrescentado.

7. Bibliografia

- 1 - Brown, John R. 2000. “Foseco Ferrous Foundryman’s Handbook” Butterworth Heinemann.
- 2 - Silva, Bruno. 2018 “Sistema de custeio para um processo de fabrico de machos”, Seminário, FEUP
- 3 - Dias, Maria de Fátima. 2008 “Diagnóstico e Melhoria do Fabrico de Machos pelo Processo de Caixa Quente” Tese de mestrado. FEUP
- 4 - Beadle, John D. 1971 “Castings - Production Engineering Series” The Macmillan Press Limited
- 5 - Caiado, António Campos Pires. 2009. “*Contabilidade analítica e de gestão*” 5ª Edição. Areas Editora.
- 6 - C. Drury. 2012. “*Management and Cost Accounting*”, 8th ed. CENGAGE Learning EMEA
- 7 - Gil da Costa, Eduardo. 2015. “*Desenvolvimento e implementação de modelos de custeio industrial*” Tecnometal Nº220, pags 40 a 48, Porto
- 8 - Ferreira Azevedo, Ana Paula; Gouvêa Bento, Josiane, 2006. “Custeio por absorção x custeio ABC”. III Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia - SEGET 2006.

8.1.2 Anexo 2 - Comparação Qualitativa de Processos

Nome																		Comentários
	Caixa de macho	Capacidade de ser disparado	Tempo de Cura	Vida em bancada	Recuperação areia	Uso de areia recuperada	Armazenamento	Resistência à tração	Resistência à Flexão	Colapsibilidade	Qualidade Superficial	Secções		Peso		Custo por macho	Séries	
	Material											Min.	Máx	Min.	Máx			
Silicato de Sódio / CO2 Manual	Madeira / Metal / Resina / Poliuretano Expandido	3	3	2	4	2	3	4	3	3 - Solosil / 4	3	2,5 mm					Baixa / Média	Solosil é mais apropriado para métodos automáticos, de modo a conseguir retirar total vantagem da alta reatividade do SOLOSIL e redução de CO2
Resina Fenólica / CO2 Disparadora Macho	Madeira / Metal / Resina / Poliuretano Expandido	2	2	2	3	2			4	2	3						Média	Ciclo diminui para machos grandes
Autossecativa	Madeira / Metal / Resina / Poliuretano Expandido	4		4	3	4	2		3	2	2			Sem Limitações			Baixa	Melhorias específicas na produção de aços
Shell	Metal (Ferro fundido)	1	4	1	2	2	1	3	1	2	1	1,5 mm	25 mm	0,30 Kg	2 kg		Média - Alta	Machos pequenos maciços ou machos ocos
Caixa-Fria	Madeiras / Metal / uretano /	1	1	3	3	2	3	2	2	2	2						Alta	Preço da resina flutua bastante
Fenólico Uretano - No Bake (pep-set)	Madeira / Poliestireno / Resina / Metal	4	4	4	3	2	3	1		2	1						Baixa	Baixas emissões de SO2
Escala Comparativa																		
1 - Excelente																		
2 - Bom																		
3 - Médio																		
4 - Fraco																		
SEM DADOS																		

8.1.3 Anexo 3 - Encastráveis / Incast

Encastráveis								
Referência	Custo	Unidade	Referência	Custo	Unidade	Referência	Custo	Unidade
IVT-001	0,80 €	1	IVT-038	1,36 €	1	IVT-057/6	2,21 €	1
IVT-002	1,02 €	1	IVT-041	3,36 €	1	IVT-057/2	3,58 €	1
IVT-005	0,80 €	1	IVT-045	5,92 €	1	IVT-067	1,60 €	1
IVT-006	1,12 €	1	IVT-046/1	1,18 €	1	IVT-057/3	3,62 €	1
IVT-007	0,56 €	1	IVT-053	5,60 €	1	IVT-052/1	6,96 €	1
IVT-008	0,46 €	1	IVT-055	22,40 €	1	IVT-023-2	0,80 €	1
IVT-009	0,29 €	1	IVT-022/1	0,19 €	1	IVT-068	4,80 €	1
IVT-014	2,72 €	1	IVT-004	1,31 €	1	IVT-069	5,44 €	1
IVT-023/1	0,80 €	1	IVT-046	1,92 €	1	IVT-065	1,60 €	1
IVT-010	0,48 €	1	IVT-052	5,84 €	1	IVT-022/7	1,60 €	1
IVT-012	1,36 €	1	IVT-036	0,58 €	1	IVT-070	1,30 €	1
IVT-013	0,59 €	1	IVT-033	4,48 €	1	IVT-057/1	3,84 €	1
IVT-016	2,16 €	1	IVT-026	0,64 €	1	IVT-071	0,75 €	1
IVT-017	0,53 €	1	IVT-025	- €	1	IVT-072	3,12 €	1
IVT-021	42,99 €	1	IVT-028	- €	1	IVT-073	2,26 €	1
IVT-030	24,48 €	1	IVT-039	- €	1	IVT-074	- €	1
IVT-032	11,04 €	1	IVT-022/2	0,14 €	1	IVT-075	5,58 €	1
IVT-034	1,89 €	1	IVT 22/7	1,86 €	1	IVT-076	2,08 €	1
IVT-035	4,03 €	1	IVT-057/5	2,61 €	1	IVT-077	1,66 €	1
IVT-023-3	0,80 €	1	IVT-090	4,00 €	1	IVT-089	- €	1
IVT-079	2,78 €	1	IVT-093	2,40 €	1	IVT-103	3,36 €	1
IVT-084	5,36 €	1	IVT-094	2,08 €	1	IVT-104	11,04 €	1

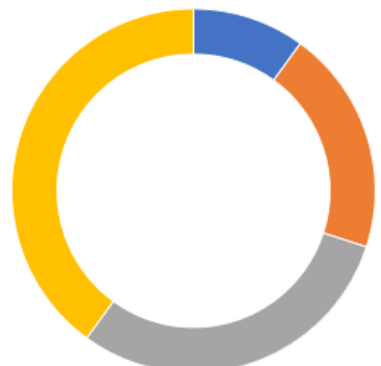
8.1.4 Anexo 4 - Versão 1

Processo Seleccionado	Encomenda	Peso Macho (Kg)	Cota A (cm)	Cota B (cm)	Extra percentual	Superfície a pintar (cm2)	Nº Machos por Caixa	Machos a produzir	Custo Caixa de Macho	Tempo de produção + setup Expectável (min)	Tempo Produção (min)	Tempo Produção (Seg)	Tempo Setup (min)	Tempo Setup (seg)	Quantidade de Resina	Quantidade de Areia	Quantidade Endurecedor	Quantidade de Ligante	Quantidade Aditivo	Quantidade de Pintura (Lt)	Quantidade de Gás	Custo Inerente a Manufações	Custo Indiretos do processo (custo/h)	MD	MOD	Overhead não Industrial	Custo Macho Previsão	Custo Macho Ajustado	Variação	Eficiência processo	Tempo total de produção série (h)	Horas Turno	Nº turnos	Dias de produção	
Manual	A	4,383	5	10	50%	75	4	100	50,00 €							4,383				0,00%	0,075		?	13,87 €	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,85	0	8	2	0	
Disparadora			5	10	50%	75	2	100	50,00 €															0,50 €	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,85	0	8	2	0	
Autossecativa			10	10	50%	150	2	100	50,00 €	22	19	5	0	16	1,40%	4,383	20,00%			0,00%	0,15			57,53 €	14,32 €	0,20 €	0,10 €	19,39 €	16,84 €	2,55742	0,85	18,5	8	2	1,2
Shell			5	10	50%	75	3	100	200,00 €																2,00 €	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,85	0	8	2	0

8.1.5 Anexo 5 - Versão 2

Orçamentação Cliente					Coeficientes Geométricos		
Data:	15/mai/18	Cliente:	Bruno&Companhia		3	2	1
Referência Macho	J0022050				Forma Simples	Forma com cavidades ou forma complexa	Forma complexa com cavidades
Machos Por Caixa	2	Processo	Autossecativa		Peso Tinta		
Orçamento Caixa de Macho		Orçamento Macharia			Superfície/Peso		
Material	Horas de Trabalho	Taxa/Hora	Série	8488	0,05		
Madeira	16	XXX	Série Diária	6	0,103575		
Custo Projeto Disparadora	Tempo Ensaios	Taxa/Hora	Custo Produção				
			Peso Macho (Kg)	Coeficiente geométrico	Avisos		
Lista de materiais	Quantidade	Custo unitário	4,383	2			
Madeira	10,00	5,00 l	% Alfature	% Alfaset	Colocar zero nos que não são utilizados		
Rebites	2,00	2,00 l	1,4%	20%			
Araldite	3,00	0,50 l	% Ecolotec	% Solosil			
			2,7%	2,4%			
			Tempo CO2 (min)	Tempo Produção (min)			
			0	22	Setup Inicial apenas existe em Disparadoras e Shell		
			Tempo Setup Inicial (min)	Areia Crómite			
			0	0			
			Areia Silica	Areia Zircónio	Colocar 1(um) na areia e tinta utilizada; zero nos outros		
			1	0			
			Tinta Zircónia	Tinta Magnesite			
			1	0			
			Custo Caixa de Macho	#VALOR!			
			Custo MOD Macho	XXX			
			Custo MD Macho	XXX			
			Custo Indiretos Macho	XXX			
			Taxa Overhead/hora	XXX	Implementar Taxa		
			Turnos	2			
			Horas / Turno	7			
			Dias Laboração	252			
			Eficiência Processo	85%			
			Tempo produção (min)	345461,6	Não entra no custeio - Serve para analisar se se consegue cumprir o tempo de encomenda		
Total Material		55,50 l	Custo Produção Macho	XXX			
			Horas Produção	5757,693333			
			Dias produção	411,2638095			

8.1.6 Anexo 6 - Versão 3

Data:	21/mar/18	Cliente:	A Designar	Superfície/Peso	Legenda	Conversor Segundos para minutos		Conversor Segundos para minutos	
Referência Macho	2158	Processo	Autossecativa	0,05	Não Mexer	Minutos	Segundos	Segundos	Minutos
Machos Por Caixa	1			0,1935	Inserir Valores	1	60	1	0,016666667
Orçamento Caixa de Macho		Orçamento Macharia		Coeficientes Geométricos		Minutos a converter	Segundos Convertidos	Segundos a converter	Minutos Convertidos
Material	Horas de Trabalho	Taxa/Hora	Série	1500	120%	3	180	21	0,35
Madeira	36	25,00	Série Diária	50	Forma Simples	Conversor Taxa/Hora para Taxa minutos		Conversor Taxa/Hora para Taxa minutos	
Custo Projeto Disparadora	Tempo Ensaios	Taxa/Hora	Custo Produção		86%	Taxa/Minuto	Taxa/Hora	Taxa/Minuto	Taxa/Hora
-	0	-	Peso Macho (Kg)	Coeficiente geométrico	Forma intermédia	1,00	60,00	1,00	0,02
Lista de materiais	Quantidade	Custo unitário	4,5	86%	Forma complexa com ovoides	Taxa/Minuto A converter	Taxa/Hora Convertida	Taxa/Hora A converter	Taxa/Minuto Convertida
Madeira	6,00	xxxx	% Alfacure	% Alfaset		0,10	6,00	3,00	0,05
Rebites	4,00	xxxx	1,4%	20%					
Araldite	1,00	xxxx	% Ecoloteo	% Solosil					
Suporte Metálico	1,00	xxxx	2,7%	2,4%					
					Avisos	Segmentação de Custos por Macho 			
					Colocar zero nos que não são utilizados.				
					Custo CO2				
					- €				
					Tempo Produção (min)				
					30				
					Tempo Setup Inicial (min)				
					0				
					Areia Silica				
					1				
					Tinta Zircónia				
					0				
					Tinta Magnesite				
					0				
					Custo Caixa de Macho				
					xxx				
					Implementar Taxa				
					Custo MOD Macho				
					1,000				
					Custo MD Macho				
					2,000				
					Custo Indiretos Macho				
					3,000				
					Taxa Overhead Macho				
					4,000				
					Turnos				
					2				
					Horas / Turno				
					8				
					Dias Laboração				
					252				
					Eficiência Processo				
					85%				
					Tempo produção (min)				
					51750				
					Horas Produção				
					863				
					Dias produção				
					54				
					Observações Produção				
					Custo Produção Macho				
					xxx				
					Produzir com cuidado				
					Custo Série				
					#VALOR!				

Comparação Custos de Processo							Escolha do processo ponderada			Avisos
Caixa Standard	20*20*10	Tempo Setup Inicial	Tempo Ciclo	Previsão Caixa Macho	Coeficiente Complexidade Caixa	Nº Macho/Caixa	Atribuir os coeficientes de decisão		Classificação final	
							Custo	Tempo de Produção		
							0,4	0,6		
Autossecativa										
Custo Produção Macho	xxx	0	30		1	1	#VALOR!	31050,00	#VALOR!	
Custo Série	#VALOR!			xxxx						
Turnos	1	Dias Laboração	Eficiência Processo	85%	Horas Produção	Dias produção				
Horas / Turno	8	252	Tempo produção (min)	51750	863	908				

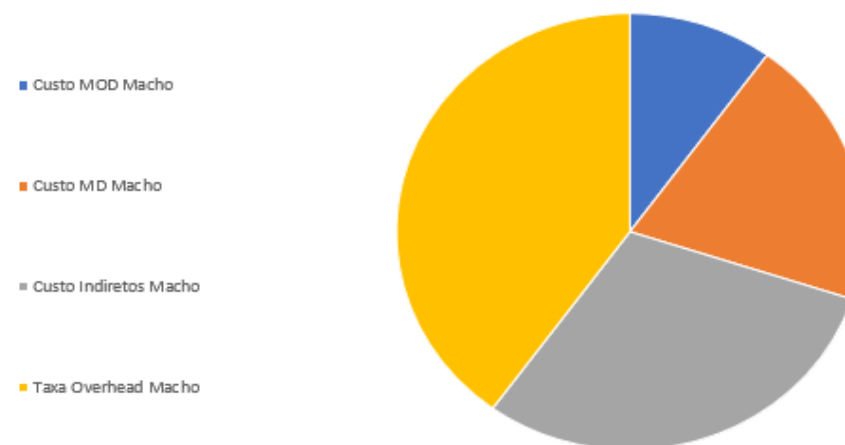
8.1.7 Anexo 7 - Orçamentação Versão Final

ORÇAMENTAÇÃO DE MACHOS		
Data:	06/jun/18	
Referência Macho	cx.d6.3.nova	
Cliente:	A Designar	
Orçamento Macharia		
Processo	Shell	
Série	700405	
Série Diária	1250	
Machos Por Caixa	1	
Custo Produção		
Peso Macho (Kg)	Coefficiente geométrico	Observações de Produção
0,2	Forma Simples	Produzir com cuidado
% Resina (Autossecativa)	% Catalizador (Autossecativa)	
1,4%	20%	
% Ecolotec	% Solosil	
2,7%	4,0%	
Custo CO2	0,05	
- €	0,0120	
Areia Silica	Tinta Zircónia	
100%	100%	
Areia Cromite	Tempo Setup Inicial (min)	
0%	20	
Areia Zircónio	Tempo Produção (min)	
0%	0,83	
Orçamento Caixa de Macho		
Adaptação de Caixa	Horas de Trabalho	200
	Taxa/Hora	xxx
Complexidade Projeto Disparadora	Tamanho Caixas	Custo Projeto Disparadora
Null	Null	- €
Lista de materiais	Quantidade	Custo unitário
Madeira	0,00	0,62
Rebites	0,00	1,00
Araldite	0,00	8,55
Suporte Metálico	0,00	7,00
Metal		
Total Material		-
Material Encastráveis por macho		

Custo Caixa de Macho	20,000 €
Custo MOD Macho	1,000
Custo MD Macho	2,000
Custo Indiretos Macho	3,000
Taxa Overhead Macho	4,000
Custo Produção Macho	5,00 €
Custo Série	6,000 €

Registrar Orçamento no Controlo de Custos

Parcelas de Custo



Valores Alterados

Material Encastráveis por macho		
Lista de materiais	Quantidade	Custo unitário
Null		-
Null		-
Null		-
Null		-
Null		-
Null		-
Total Encastráveis		-

Dados Extra		
Turnos	1	Não entra no custeio - Serve para analisar se se consegue cumprir o tempo de encomenda e fica guardado na memória do excel
Horas / Turno	8	
Dias Laboração	252	
Eficiência Processo	98%	
Tempo produção (min)	604169	
Horas Produção	10069	
Dias produção	1258,6862	

Auxiliares de Conversão			
Conversor Segundos para minutos		Conversor Minutos para Segundos	
Segundos	Minutos	Minutos	Segundos
1	0	1	60
Segundos a converter	Minutos Convertidos	Minutos a converter	Segundos Convertidos
50	0,83	3	180

8.1.8 Anexo 8 - Comparação de Custo de Processo e Tabela de Decisão

Valores Alterados

Comparação Custos de Processo							Escolha do processo ponderada			Avisos	
							Atribuir os coeficientes de decisão		Classificação final		
							Custo	Tempo de Produção			
Autossecativa		Tempo Setup Inicial	Tempo Ciclo	Previsão Caixa Macho	Nível Complexidade Caixa		0,7	0,3	5103,40	Verificar, na descrição de processos se é possível produzir-se o macho no processo de fabrico com melhor critério	
Custo Produção Macho	10,00 €	20	1	560,00 €	Caixa Pequena		4902835	200561			
Custo Série	7 004 050,00 €	Ezequível	Sim		Nº Machos/Caixa	1					
Turnos	1	Dias Laboração	Eficiência Posto		Horas Produção	Dias produção					
Horas / Turno	8	252	Tempo produção (min)		668537	11142					1393
Shell		Tempo Setup Inicial	Tempo Ciclo	Previsão Caixa Macho	Nível Complexidade Caixa	Série diária Expectável	1715392	182051	1898,04		
Custo Produção Macho	3,50 €	20	1	800,00 €	Caixa Pequena	1250					
Custo Série	2 451 417,50 €	Ezequível	Sim		Nº Machos/Caixa	1					
Dias Laboração	252	% Macho oco	0%		Tempo produção (min)	606836					
Turnos	1				Horas Produção	Dias produção					
Horas / Turno	8				98%	10114					1264
Manual - Silicato de Sódio		Tempo Setup Inicial	Tempo Ciclo	Previsão Caixa Macho	Nível Complexidade Caixa		1470851	200561	1671,41		
Custo Produção Macho	3,00 €	20	1	480,00 €	Caixa Pequena						
Custo Série	2 101 215,00 €	Ezequível	Sim		Nº Machos/Caixa	1					
Turnos	1	Dias Laboração	Eficiência Posto		Horas Produção	Dias produção					
Horas / Turno	8	252	Tempo produção (min)		668537	11142					1393
Disparadoras		Tempo Setup Inicial	Tempo Ciclo	Previsão Caixa Macho	Nível Complexidade Caixa	Nível Complexidade Projeto	1568907	177895	1746,80		
Custo Produção Macho	3,20 €	20	1	1 075,00 €	Caixa Pequena	Caixa Simples					
Custo Série	2 241 296,00 €	Ezequível	Sim		Nº Machos/Caixa	1					
Turnos	1	Dias Laboração	Eficiência Posto		Horas Produção	Dias produção					
Horas / Turno	8	252	Tempo produção (min)		592983	9883					1235
							QUANTO MENOR O VALOR DA CLASSIFICAÇÃO FINAL, MELHOR A ESCOLHA				
Auxiliares de Conversão / Não entra no custeio											
Conversor Minutos para Segundos		Conversor Segundos para minutos		Conversor Taza/Hora para Taxa minutos		Conversor Taza/Hora para Taxa minutos					
Minutos	Segundos	Segundos	Minutos	Taza/Minuto	Taza/Hora	Taza/Hora					Taza/Minuto
1	60	1	0	1	60	1					0
Minutos a converter	Segundos Convertidos	Segundos a converter	Minutos Convertidos	Taza/Minuto A converter	Taza/Hora Convertida	Taza/Hora A converter					Taza/Minuto Convertida
3	180	50	0.83	0.1	6	3					0

8.1.9 Anexo 9 - Controlo de Custos

Valores Alterados

Ref_Macho	Data Orçamentação	Ciente	Peso Macho	Processo	Custo por macho	Observações Produção	Série Diária	Tempo Setup Inicial Real (min)	Tempo Produção Real (min)	Tempo Produção Real (seg)	Variação	Variação MOD	Refugo	Custo Refugo Total	Eficiência	Custo Dia	Valor Acrescentado	Custo Macho Real	Variação Face ao orçamentado	Perdas de refugo/Macho
2158	43253	Design	4,5	iradora Eoc	x	0,164592511	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#VALOR!	#DIV/0!	#VALOR!	0%	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
V159_30	43254	Design	0,074	Shell	x	0,168740822					#DIV/0!	#DIV/0!		#VALOR!	#DIV/0!	#VALOR!		#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
V159_30	43254	Design	0,2	Shell	x	0,168740822					#DIV/0!	#DIV/0!		#VALOR!	#DIV/0!	#VALOR!		#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
V159_30	43255	Design	0,2	Shell	x	0,168740822					#DIV/0!	#DIV/0!		#VALOR!	#DIV/0!	#VALOR!		#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
0	0	0	0	0	0	0					#DIV/0!	#DIV/0!		- €	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
0	0	0	0	0	0	0					#DIV/0!	#DIV/0!		- €	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
0	0	0	0	0	0	0					#DIV/0!	#DIV/0!		- €	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
0	0	0	0	0	0	0					#DIV/0!	#DIV/0!		- €	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
0	0	0	0	0	0	0					#DIV/0!	#DIV/0!		- €	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Perdas de Produtividade/Macho	Perdas Produtividade Totais	Horas Orçamentadas carpintaria	Custo material orçamentado carpintaria	Taxa hora carpintaria	Custo projeto disparadora orçamentado	Tempo ensaios	Complexidade Projeto	Tamanho caixa	Série orçamentada	Série prevista diária	Coefficiente geométrico	Custo orçamentado caixa de macho	Custo orçamentado MOD
#DIV/0!	#DIV/0!	36	0	x	x	Caixa com extratores	Caixa com extratores	Caixa Normal	556	50	Forma Intermédia	x	x
#DIV/0!	#DIV/0!	36	0	x	0	Null	Null	Caixa Pequena	3827	120	Forma Simples	x	x
#DIV/0!	#DIV/0!	36	0	x	0	Null	Null	Caixa Pequena	700405	1250	Forma Simples	x	x
#DIV/0!	#DIV/0!	36	0	x	0	Null	Null	Caixa Pequena	700405	1250	Forma Simples	x	x
#DIV/0!	#DIV/0!	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0
#DIV/0!	#DIV/0!	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
#DIV/0!	#DIV/0!	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Complexidade Projeto	Tamanho caixa	Série orçamentada	Série prevista diária	Coefficiente geométrico	Custo orçamentado caixa de macho	Custo orçamentado MOD	Custo orçamentado MD	Custo orçamentado indiretos	taxa orçamentada overhead	Eficiência esperada	Custo Série	Tempo Produção (min)	Tempo Setup Inicial (min)	TaxaMOD/min	Observações Prod
Caixa com extratores	Caixa Normal	556	50	Forma Intermédia	x	x	x	x	x	0,85	x	2	15	0,164592511	Produzir oom cuid
Null	Caixa Pequena	3827	120	Forma Simples	x	x	x	x	x	0,98	x	0,67	80	0,168740822	Produzir oom cuid
Null	Caixa Pequena	700405	1250	Forma Simples	x	x	x	x	x	0,98	x	0,83	20	0,168740822	Produzir oom cuid
Null	Caixa Pequena	700405	1250	Forma Simples	x	x	x	x	x	0,98	x	0,83	20	0,168740822	Produzir oom cuid
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

8.1.10 Anexo 10 - Caixas de Macho

Valores Alterados

[illegible]

8.1.11 Anexo 11 - Compras

Valores Alterados

Compras	Custo	Custo unitário	unidade	medida
Solosil	X	XY	Y	kG
Ecolotec	X	XY	Y	kG
Alphaset	X	XY	Y	kG
Alfacure	X	XY	Y	kG
Areia pré revestida shell	X	XY	Y	kG
Areia Silica	X	XY	Y	kG
Areia Crómite	X	XY	Y	kG
Areia Zircónio	X	XY	Y	kG
Tanque CO2	X	XY	Y	kG
Gás natural	X	XY	Y	m3
Aditivos	X	XY	Y	
Tinta Magnesite	X	XY	Y	kG
Tinta Zircónia	X	XY	Y	Diluição 17% Alcool
Tinta Zircónia	X	XY	Y	Kg
CO2/KgMacho	ZYZ	ZYZHK	HK	
Araldite	X	XY	Y	Kg
Contraplacado 25*12,5*30	X	XY	Y	Placa cortada
	X	XY	Y	
Contraplacado 2500*1250*30	X	XY	Y	Placa inteira
	X	XY	Y	
Cálculo Gasto CO2/KgMacho	ZYZ	Kg		
Kg areia macho consumida no ano anterior	Kg CO2 consumidos no ano anterior			
200 000	300 000	Kg		

8.1.12 Anexo 12 - MOD + Overhead

Valores Alterados

Processo	Silicato de Sódio / CO2 Manual	Resina Fenólica / CO2 Disparadora Macho	Autossecativa	Shell
Salário Anual	300 000,00 €	300 000,00 €	300 000,00 €	300 000,00 €
Prémios	- €	- €	- €	- €
Segurança Social	10 000,00 €	10 000,00 €	10 000,00 €	10 000,00 €
Subsidio de alimentação	6 000,00 €	6 000,00 €	6 000,00 €	6 000,00 €
Seguro acidentes de trabalho	5 000,00 €	5 000,00 €	5 000,00 €	5 000,00 €
Dias de laboração	2 000,00 €	2 000,00 €	2 000,00 €	2 000,00 €
Dias de férias	1 000,00 €	1 000,00 €	1 000,00 €	1 000,00 €
Custo Diário	321,00 €	321,00 €	321,00 €	321,00 €
Horas de trabalho	8	8	8	8
Número de operários	6	3	1	1
Custo por hora (MOD)	40,13 €	40,13 €	40,13 €	40,13 €
Overhead Não Industrial	50,00 €	50,00 €	50,00 €	50,00 €
Salário Colaboradores	Silicato de Sódio / CO2 Manual	Resina Fenólica / CO2 Disparadora Macho	Autossecativa	Shell
A	300 000,00 €	300 000,00 €	300 000,00 €	300 000,00 €
B	300 000,00 €	300 000,00 €		
C	300 000,00 €	300 000,00 €		
D	300 000,00 €			
E	300 000,00 €			
F	300 000,00 €			
G				
H				
I				
J				
K				
L				
M				
N				
O				
P				
Q				
Total	1 800 000,00 €	900 000,00 €	300 000,00 €	300 000,00 €
Média	300 000,00 €	300 000,00 €	300 000,00 €	300 000,00 €

8.1.13 Anexo 13 - Custos Indiretos

Valores Alterados

Processo	Supervisão	Transporte	Luz	Armazenamento	Manutenção	
Silicato de Sódio / CO2 Manual	30%	0%	10%	30%	0%	
Resina Fenólica / CO2 Disparadora Macho	50%	100%	40%	25%	90%	
Autossecativa	5%	0%	15%	40%	0%	
Shell	15%	0%	35%	5%	10%	
Total Departamento	100%	100%	100%	100%	100%	
Total Custo Departamento Anual	1 000 000,00 €	500 000,00 €	2 500 000,00 €	50 000,00 €	40 000,00 €	
Matriz de custo Anual						Total Custo Processo
Silicato de Sódio / CO2 Manual	300 000,00 €	- €	250 000,00 €	15 000,00 €	- €	565 000,00 €
Resina Fenólica / CO2 Disparadora Macho	500 000,00 €	500 000,00 €	1 000 000,00 €	12 500,00 €	36 000,00 €	2 048 500,00 €
Autossecativa	50 000,00 €	- €	375 000,00 €	20 000,00 €	- €	445 000,00 €
Shell	150 000,00 €	- €	875 000,00 €	2 500,00 €	4 000,00 €	1 031 500,00 €

8.2 Anexo 14 - Programação de Registo de Orçamento

Sub Registo_controlo()

' Registo_controlo Macro

' Regista orçamento no controlo de custos

Range("A74:Z74").Select

Application.CutCopyMode = False

Selection.Copy

Sheets("DataBase Orçamentos").Select

Range("A2:Z2").Select

Dim lNextRow As Long

lNextRow = FindLastRow

'Verifica se a primeira linha foi adicionada.

If (lNextRow = 0) Then

Range("A2:Z2").Select

Else

Range("A" & (lNextRow + 1) & ":Z" & (lNextRow + 1)).Select

End If

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

:=False, Transpose:=False

'Base de dados.

Sheets("DataBase Orçamentos").Select

End Sub

Function FindLastRow() As Long

Dim LastRow As Long

If WorksheetFunction.CountA(Cells) > 0 Then

'Procura por nova entrada, do fim para o inicio.

LastRow = Cells.Find(What:="*", After:=[A1], _

SearchOrder:=xlByRows, _

SearchDirection:=xlPrevious).Row

FindLastRow = LastRow

End If

End Function